

# Электронный архив УГЛТУ



Вураско Аlesia Валерьевна, заведующая кафедрой технологий целлюлозно-бумажных производств и переработки полимеров Уральского государственного лесотехнического университета, доктор технических наук, профессор. Автор и соавтор десяти книг, в том числе автор монографии «Применение антрахинона в целлюлозно-бумажной промышленности», более 200 печатных трудов, 13 патентов области каталитического окисления органических соединений и каталитической делигнификации растительного сырья.



Агеев Максим Аркадьевич, кандидат технических наук, доцент кафедры технологий целлюлозно-бумажных производств и переработки полимеров Уральского государственного лесотехнического университета. Автор и соавтор семи книг, в том числе автор монографии «Облагораживание макулатуры в производстве бумаги», 97 печатных трудов в области переработки вторичного волокнистого сырья, производства бумаги, картона и бумагоподобных материалов.



Агеев Аркадий Яковлевич, доктор технических наук, профессор, действительный член Российской академии естественных наук, почетный работник высшего профессионального образования РФ. Автор и соавтор более 400 научных трудов, том числе автор 85 авторских свидетельств СССР и патентов РФ, учебного пособия «Процессы обезвоживания и формования бумажного листа», монографии «Гидродинамика процесса облагораживания суспензии вторичных волокон».

Технологии получения, обработки и переработки бумаги и картона



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Уральский государственный лесотехнический университет»  
(УГЛТУ)

А. В. Вураско  
М. А. Агеев  
А. Я. Агеев

# **ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ, ОБРАБОТКИ И ПЕРЕРАБОТКИ БУМАГИ И КАРТОНА**

Учебное пособие

Издание 2-е,  
дополненное и переработанное

Екатеринбург  
2021

УДК 676.2.026 (075.8)

ББК 35.779я73

В89

## Рецензенты:

кафедра полиграфии и web-дизайна Государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина»; зав. кафедрой, канд. техн. наук *А. Г. Тягунов*;

*С. Л. Попова*, главный технолог АО(р) «Туринский ЦБЗ»

## **Вураско, А. В.**

В89 Технологии получения, обработки и переработки бумаги и картона : учебное пособие ; изд. 2-е, дополненное и переработанное / А. В. Вураско, М. А. Агеев, А. Я. Агеев ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Уральский государственный лесотехнический университет. – Екатеринбург : УГЛТУ, 2021. – 276 с.

ISBN 978-5-94984-793-0

В учебном пособии рассмотрены основные виды сырья, способы получения волокнистых полуфабрикатов, технологии и технологическое оборудование для производства бумаги и картона. Даны характеристики основных видов бумаги и картона, способы обработки и переработки бумаги, в том числе современные технологии получения бумажных материалов, применяемых в упаковочной отрасли.

Пособие предназначено обучающимся всех форм обучения (бакалавр, магистр, аспирант) по направлениям 18.03.01, 18.04.01 «Химические технологии», 29.03.03, 29.04.03 «Технологии полиграфического и упаковочного производства» для подготовки к лекционным, практическим и лабораторным занятиям, к курсовому и дипломному проектированию, прохождению всех видов практик. Учебное пособие может быть полезно слушателям ФПК, инженерно-техническим и научным работникам бумажной и упаковочной отрасли.

Издается по решению редакционно-издательского совета Уральского государственного лесотехнического университета.

УДК 676.2.026 (075.8)

ББК 35.779я73

ISBN 978-5-94984-793-0

© ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет», 2021

© Вураско А. В., Агеев М. А., Агеев А. Я., 2021

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время все большее внимание уделяется производству упаковочных материалов и упаковки на основе бумаги и картона. Как потребители, так и производители отдают предпочтение упаковке, которая наряду с высокими функциональными свойствами обладает отличным качеством оформления, способствующим продвижению товара на рынке и повышению спроса на него. Это достигается применением современных технологий при производстве бумаги, ее обработке и переработке с использованием полиграфических и отделочных процессов. Немаловажное значение при выборе упаковки имеет способность бумажной и картонной упаковки к самоутилизации, что позволяет снизить экологическую нагрузку на окружающую среду в современных мегаполисах.

В учебном пособии рассмотрены виды сырья и циклы получения волокнистых полуфабрикатов, используемых в производстве бумаги и картона, описаны технологии их получения, процессов подготовки бумажной массы, отлива, формирования бумажного полотна и готовой бумаги. Изложены классификационные признаки бумаги и картона, вопросы контроля и оценки их эксплуатационных свойств.

Учебное пособие состоит из 6 глав.

*Первая* глава посвящена истории возникновения бумаги и картона и изготовления первых упаковок.

*Вторая* глава содержит информацию о технологиях получения бумаги и картона, основных волокнистых полуфабрикатов (техническая целлюлоза и механическая масса), применяемых в композиции бумаги и картона, представлены характеристики для оценки их качества. Рассмотрены производство бумаги и картона на различных бумагоделательных машинах, приведены основные качественные характеристики бумажной продукции.

В *третьей* главе представлена классификация бумаги и картона по международной и отечественной номенклатурам.

В *четвертой* главе большое внимание уделено методам испытания материалов в соответствии с международными требованиями и требованиями российских ТУ и ТР, влиянию факторов производства и отделки бумаги и картона на их конечные свойства, которые в дальнейшем определяют качество печатной и упаковочной продукции.

В *пятой* главе описаны технологии, способы и устройства, применяемые для обработки бумаги и картона: лакирование, нанесение различных видов покрытий.

В *шестой* главе приведена информация о технологиях для переработки бумаги и картона: изготовление жиро- и водостойких, силиконизированных бумаг, пергамента и гофрокартона, рассмотрены современные и перспективные технологии получения бумажных материалов, применяемых в упаковочной отрасли.

Учебное пособие содержит большое количество иллюстраций, схем и таблиц, что облегчит обучающимся понимание изложенного материала.

*Авторы выражают признательность доценту кафедры «Химия древесины и технологии целлюлозно-бумажных производств» УГЛТУ Жвирблике Аушре Бенедикте-Казио за содействие и ценные замечания, сделанные при подготовке рукописи.*



# 1. ИСТОРИЯ БУМАГИ, КАРТОНА И УПАКОВКИ

## 1.1. Рождение бумаги и картона

Современное понятие «бумага» изначально тесно связано с понятием «папирус» – материал для письма, который изготавливался из стеблей растения семейства осоки (*Cyperus papyrus*), в изобилии произраставшего в долине Нила. Достаточно вспомнить английское «*paper*», французское и немецкое «*papier*» и украинское «*папір*». Все они восходят к древнегреческому слову «*papyros*» [1].

Папирус научились изготавливать в Древнем Египте еще в IV–III тысячелетиях до н. э. Сорт тростника, который использовался для производства папируса, был особым – царским. Он имел очень высокие (до 4 м) и толстые (толщиной в кулак) стебли (рис. 1.1).

Папирус был ритуальным растением и символом Египта. Из него изготавливались циновки, матрацы, покрывала, корзины. Мягкие части растения давали сладкий сок, а молодые побеги шли в пищу. Корка использовалась для изготовления веревок, одежды, шляп, обуви.

При изготовлении писчего материала стебель папируса очищали от листьев, отделяя внешнюю лубяную оболочку. Рыхлую, пористую сердцевину стебля расщепляли на тонкие полосы. Их долго вымачивали, отбивали деревянным молоточком и плотно складывали в один слой. Последующий слой накладывали сверху под прямым углом. Слои спрессовывали до получения тонкого белого гибкого материала и высушивали его на солнце. После высыхания полоски соединяли между собой, образуя плотный лист материала. Отдельные листы шлифовали пемзой, галькой, гладилками из слоновой кости, отбивали молоточком и проклеивали смолами, чтобы при письме не растекались красные и черные чернила, наносимые кисточкой на полотно папируса. Затем листы папируса склеивали костным клеем, мучным



Рис. 1.1. Папирус на Ниле

клейстером или смесью воды с илом, образуя длинные полотна шириной 20...25 см. При перегибе папируса образовывались складки, поэтому для лучшей сохранности материал сворачивали в длинные свитки.

Папирус использовался в основном для письма, однако известны примеры его использования и для упаковывания. Со времен первой египетской династии (III тысячелетие до н. э.) сохранился обрывок папирусной «бумаги», в которую были завернуты кремниевые орудия. Оберточные листы, используемые для упаковки, делали из обрезков, образующихся при изготовлении папируса. Производилось также подобие картона из сердцевины папируса и папирусной макулатуры. Из этого материала изготавливали, например, футляры для хранения мумий [1].

С I тысячелетия до н. э. папирус начал распространяться по всему Средиземноморью. В VII веке до н. э. его используют в Греции, в VI веке до н. э. – на Аппенинском полуострове. В Римской империи во времена правления императора Августа (I век до н. э.) из папируса производилось восемь различных сортов бумагоподобных материалов, в том числе, оберточные упаковочные материалы.

Более двух тысяч лет назад в Китае, во времена правления династии Хань, была изобретена бумага. Древнейшие образцы бумаги датируются II веком до н. э. Первоначально бумагоподобные материалы изготавливались из волокон крапивы, изношенных веревок, тканей, отходов шелкоткацкого производства и по своей структуре были



Рис. 1.2. Создатель бумаги  
Цай Лунь

сходны с современными неткаными материалами. Такой материал не мог использоваться для письма, и его, как полагают ученые, скорее всего применяли для обертывания и упаковывания. Изобретение более совершенного способа получения бумаги относится к I веку н. э. и по традиции приписывается слуге императорского гарема – сановнику Цай Луню. До наших дней дошла гравюра, датированная 105 годом н. э., где Цай Лунь изображен в окружении своих помощников (рис. 1.2). Помощник слева держит свиток бумаги, на столике лежат кисти и тушь для письма.

В древнекитайских хрониках V века сообщается, что Цай Лунь сделал «пай чжи» (бумагу) из старых рыболовных сетей, изношенной ткани (тряпья) и измельченной коры деревьев. Изготовленная бумага была поднесена императору, и изобретатель удостоился высокой похвалы. Впоследствии Цай Лунь почитался как божество бумажного дела и покровитель производителей бумаги. Технология производства бумаги основывалась на высаживании древесных волокон из водной дисперсии на бамбуковой циновке или сите из шелковых или волосяных нитей. Писчая бумага изготавливалась в основном из водорослей, рами (китайской крапивы), луба тутового дерева, волокон конопли.

С X века н. э. писчую бумагу начали производить из срезанных весной молодых побегов бамбука. Ветви долго вымачивали в воде, отделяли кору от древесины, полученную суспензию смешивали с известью, варили в течение нескольких суток и отцеживали (рис. 1.3).

Полученную массу тщательно перетирали и помещали в черпальную форму, представляющую собой шелковое сито, натянутое на деревянную рамку или тонкую плотную циновку из побегов бамбука.

После того как стекала вода, высаженный слой волокон подпрессовывали вместе с формой, перекладывали сукнами, а затем отжимали под прессом. Листы отделяли от формы, высушивали и обрезали края. Для бытовых нужд, в том числе для обертывания и упаковывания товаров, использовали бумагу, которую изготавливали из рисовой или пшеничной соломы. А из коры сандалового дерева производили ароматные сорта бумаги.

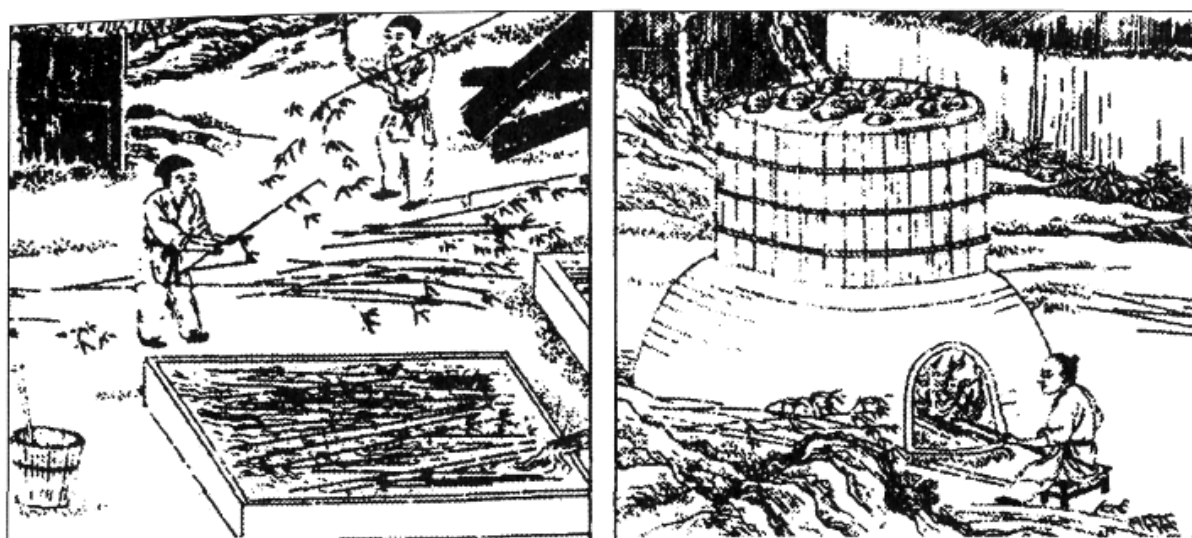


Рис. 1.3. Заготовка бамбука и приготовление бумажной массы.  
Гравюры XVII в.



Из Китая технология производства бумаги во II веке была завезена в Корею, в III веке – в Синьцзян и Турфан, а затем и в Японию, где бумага выпускалась с VI века.

В Центральной Америке бумагоподобные материалы изготавливались ацтеками задолго до прихода европейцев. Для этого использовались кора смоковницы и волокна агавы.

В начале VIII века бумагу начали изготавливать в Индии. В 751 году войско арабов разгромило армию китайского императора в битве на реке Тхераз. В плен к арабам попали китайские ремесленники, знающие технологию изготовления бумаги, которая была государственной тайной. В среднеазиатских мануфактурах секреты изготовления бумаги были заимствованы и освоены во второй половине VIII века. Основным центром производства бумаги в Средней Азии стал Самарканд. Местные мастера применяли для растирания растительных волокон мельничные жернова.

Пеньку и льняное тряпье вычесывали, обрабатывали раствором извести, размачивали и варили, добавляя золу, а затем размалывали. Для черпания бумажной массы использовалось сито из тонкой металлической проволоки. С целью улучшения свойств бумаги ее проклеивали крахмальным раствором.

Через Среднюю Азию и Персию бумажное производство проникло на Ближний Восток. В X веке бумагу производили во многих местах Арабского халифата – Багдаде, Дамаске, Палестине, Египте и Северной Африке. В XI веке о «бомбикине» (бумаге) узнали в Византии. Около 1150 года бумагоделательная мастерская появилась в испанском городе Касатива, на завоеванной арабами территории. В 1154 году первая бумажная мануфактура заработала в итальянском городе Фабриано. В 1189 году бумажное производство появилось во Франции. В других странах Западной Европы с процессами бумажного производства познакомились в период крестовых походов. Первая в Германии бумажная мельница начала работать в Нюрнберге в 1389 году. Несколько позднее бумагу начали производить в Англии. В 1532 году бумажная мануфактура появилась в Швеции, затем бумажная мельница заработала в Московии. Но еще раньше, примерно в конце XV века, бумажное производство появилось на западе Украины.

Для изготовления бумаги в европейских странах использовалось пеньковое, льняное и хлопчатобумажное тряпье. В остальном технология изготовления оставалась традиционной (рис. 1.4).

В Китае бумага первоначально использовалась для письма и рисования, которые выполнялись тушью с помощью кисточки. Другой

областью применения бумаги стали книги. Древнейший образец рукописной бумажной книги – буддийская сутра «Пиюй цзин» (III век н. э.). С VI века н. э. возникло печатание с использованием высекаемых из камня клише. В дальнейшем эта технология привела к возникновению литографии – изображение наносилось на плоский камень, а затем отпечатывалось на бумаге. В IX веке в Китае начали применять ксилографию – печать с медных гравировальных досок.

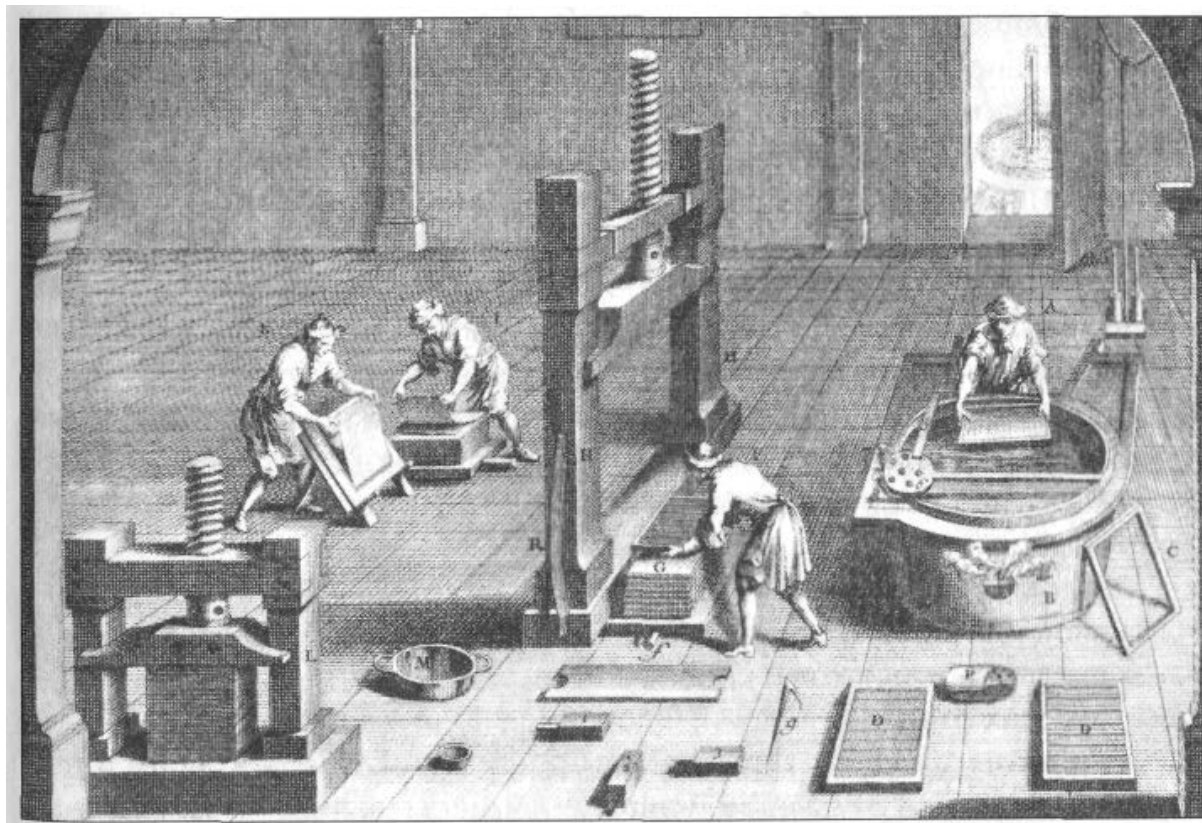


Рис. 1.4. Технологический процесс производства бумаги в средневековой мануфактуре

В период 1041–1048 годов в Китае кузнецом Би Шеном была изобретена печать с использованием подвижного шрифта, выполненного из обожженной глины. В 1340 году появилась первая книга, напечатанная в две краски, что свидетельствовало об изобретении многокрасочной печати.

Повсеместное распространение китайских печатных книг приходится на X–XIII века. В XII – XIII веках в Корее (а с XV века – и в Китае) для печатания начали применять раздвижной металлический шрифт.

В средневековом Китае использование бумаги достигло колоссальных объемов. Несколько миллионов листов ежегодно тратили

на ведение государственных дел. Бумага шла на производство обоев, матрацев, одеял, ширм, занавесок, лубочных картин, талисманов, визиток, игральных принадлежностей, географических карт, ассигнаций, ценных документов, трубок для фейерверков, воинских доспехов, использовалась для туалетных надобностей и заклеивания окон. Бумага обладала способностью к сохранению придаваемой ей формы, что нашло широкое применение в изготовлении бумажных журавликов, вееров, фонариков, воздушных змеев, конвертов, гирлянд и других изделий, характерных для Китая, Японии, Кореи и Юго-Восточной Азии.

Важнейшим изобретением, увеличившим потребление бумаги в Европе, стало изобретение книгопечатания немцем Иоганом Гутенбергом приблизительно в 1394–1399 годах. Во все более растущих объемах бумага начала использоваться для книг, газет, журналов, писем, ведения гражданских, церковных и государственных дел. В XV веке в Западной Европе появились бумажные листы с водяными знаками, на которых печатались ценные бумаги. Всего лишь через 60 лет, в 1500 году, более чем в 260 европейских городах уже работало свыше 1500 типографий и несколько сотен «бумажных» мельниц.

С появлением в Европе бумажных мануфактур возникли первые попытки применения бумаги и в упаковочных целях. При этом использовались обрезки бумажных листов и пробные типографские оттиски. В средневековых городах Италии (Венеция, Флоренция, Милан, Падуя) возник обычай во время карнавалов и праздников бросать из окон и балконов в толпу брусочки и шарики из сахарной плавленной массы, завернутые в разноцветные бумажные обертки. Такие изделия, называвшиеся «конфетти» (*confetti*), являются одними из первых известных образцов бумажной упаковки-обертки. В XV веке в Венеции, а затем и в других городах Италии и Германии появились первые типографские марки, этикетки и ярлыки. С середины XVII века в лавках Англии бумага использовалась для заворачивания колониальных товаров – американского табака и китайского чая. В XVII – XVIII веках в различных странах Европы бумагу стали применять для изготовления простейших бумажных пакетов и как оберточный материал.

В середине XVI века появились первые образцы прессованного картона (фибры). Полагают, что слово «картон» происходит от итальянского «*cartone*», что означает «твердый», «жесткий». С развитием в Европе книгопечатания для переплетов первоначально применяли деревянные дощечки и шпон, которые обклеивали бумагой, обтягивали кожей, тканью и пергаментом. Затем в качестве обложки книги

начали использовать несколько листов бумаги, склеенных между собой заваренным крахмальным клейстером или декстрином и пропущенных через пресс. Этот материал – прообраз современного картона – применялся для переплетов книг и журналов, далее – для изготовления футляров и как упаковочный материал. Кроме этого, в конце XVIII века начал использоваться новый материал – папье-маше. Он изготавливался из бумажной массы с добавлением крахмала, декстрина, гипса, мела, каолина. Из папье-маше делались игрушки, муляжи, футляры, шкатулки, коробки, ларцы.

Долгое время бумага изготавливалась примитивным ручным способом. В XV – XVII веках для помола и приготовления бумажной массы использовался водяной привод (рис. 1.5).

Предприятия этой эпохи были мануфактурами, где преобладал ручной труд. Например «папирня» в Житомирской области (современная Украина) помещалась в большом трехэтажном здании. Она имела все необходимые приспособления для приготовления бумажной массы: ступы, приводимые в движение водяным колесом, дежи, котлы, сита, столы и полки для высушивания листов бумаги, большие чаны для размачивания тряпья (из которого потом изготавливали бумагу).

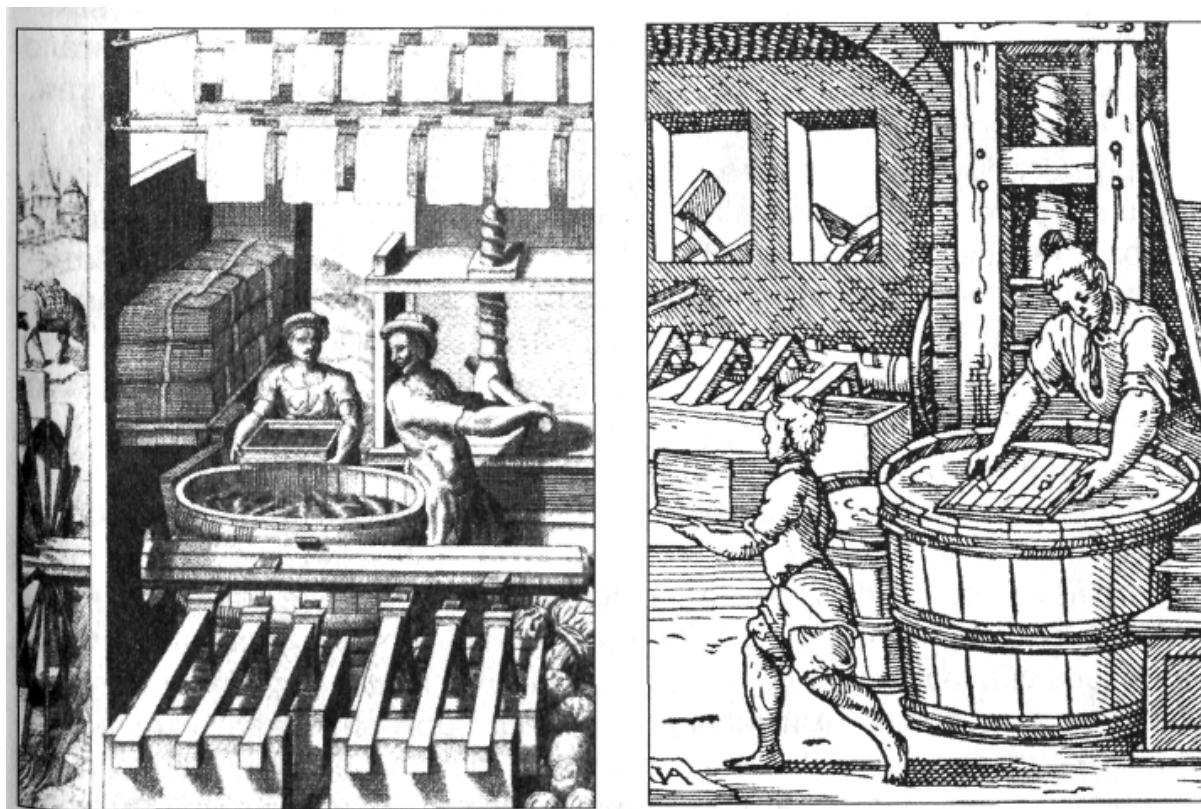


Рис. 1.5. Бумажная мельница начала XVII в.  
По гравюрам Аммана

В Российской империи быстрый рост количества бумажных мануфактур приходится на эпоху правления Петра I. Возникли мануфактуры Царскосельская, Московская, Понинковская, Чулатовская, Силецкая, Быстрицкая и другие. Указом 1720 года предписывалось производить на «бумажных» мельницах книжную, писчую, оберточную, картузную бумагу и бумагу для игральных карт. Из картузной бумаги в то время производились кульки, пакеты, обертки для пачек табака и различная подарочная упаковка.

Противоречие между ростом потребности в бумаге и ее ручным способом изготовления, требовавшим большого количества квалифицированных работников, привело на рубеже XVIII – XIX веков к энергичному разрабатыванию машинного способа производства бумаги. В 1798 году для отжима и разглаживания сырого бумажного листа на английских фабриках начали использовать валковую машину каландр. А в 1799 году французский мастер Никола-Луи Робер (1761–1828) получил патент и построил первую в мире бумагоотливную машину непрерывного действия – «самочерпку» (рис. 1.6).

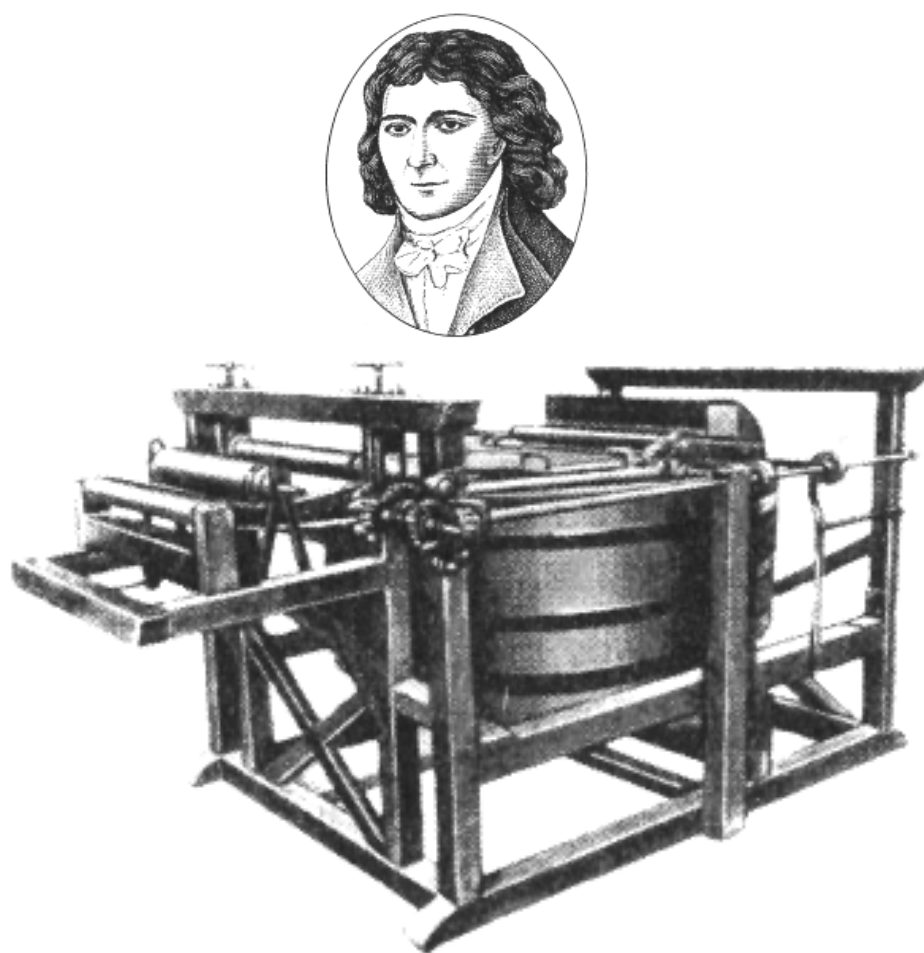


Рис. 1.6. Самочерпка Робера – первая в мире бумагоотливная машина непрерывного действия



Самочерпка позволила заменить ручной отлив бумажных материалов механизированным. Дискретный процесс черпания бумажной массы стал полностью непрерывным, и можно было произвести бумажное полотно желаемой длины.

Из деревянного чана с помощью вращающегося барабана бумажная масса подавалась на бесконечную ленту из медной сетки, натянутую между двумя деревянными цилиндрами. Вода проходила сквозь отверстия, и на сетке оседал слой бумажных волокон. Скорость движения ленты, приводимой вручную, достигала 5 м/мин.

Технология Робера, использовавшая бесконечную бегущую сетчатую ленту и постоянный равномерный напуск бумажной массы, и до сегодня, по сути, не изменилась. Отлитое бумажное полотно планировалось разрезать после машины и высушивать отдельные листы вручную. Это свидетельствует о гениальности изобретательской мысли Робера. Однако, как это было тогда со многими изобретениями, Робер не смог самостоятельно реализовать свое изобретение и продал его фабриканту Дидоту. Затем патент перекупили французские предприниматели – братья Анри и Сили Фурдринье, которые, эмигрировав в Англию, пытались там построить бумагоделательную машину.

Замысел конструкции Робера удалось воплотить в действующую бумагоотливную машину непрерывного действия лишь английскому механику Брайяну Донкину, который по проекту Робера построил первый в Англии прототип бумагоделательной машины с рабочей шириной в 30 дюймов (76,2 см). Машина была усовершенствована, снабжена водяным приводом и введена в действие в 1807 году. Донкин улучшил конструкцию механизма тряски сетки и гауч-пресса. Он установил изменяемый декельный ремень и оснастил машину дополнительным прессом. В последующем рабочая ширина была увеличена Донкиным до 60 дюймов (152,4 см).

В 1825 году была сконструирована первая цилиндровая машина. Значительного прогресса Донкин достиг, построив многоцилиндровую машину с узлом сушки, используя нагреваемые паром сушильные цилиндры. Так были разработаны основополагающие технологические процессы машинного производства бумаги: непрерывное формование листа, механическое обезвоживание и термическое высушивание. При этом переход от ручного, штучного, изготовления бумаги к машинному – высокопроизводительному стал возможным и далее протекал во все возрастающем темпе.

В 30-х годах XIX века первые бумагоделательные машины стали производиться в Российской империи на Санкт-Петербургском литейном заводе. В 30-...40-х годах XIX века отливные части бумагоделательных машин были дополнены усовершенствованными секциями подпрессовки, сушки, каландрирования и намотки бумаги в рулоны, образовав, таким образом, непрерывно действующие бумажные линии (рис. 1.7). К 1850 году рабочая ширина машин составляла 0,9...1,5 м, а скорость – 3...20 м/мин.

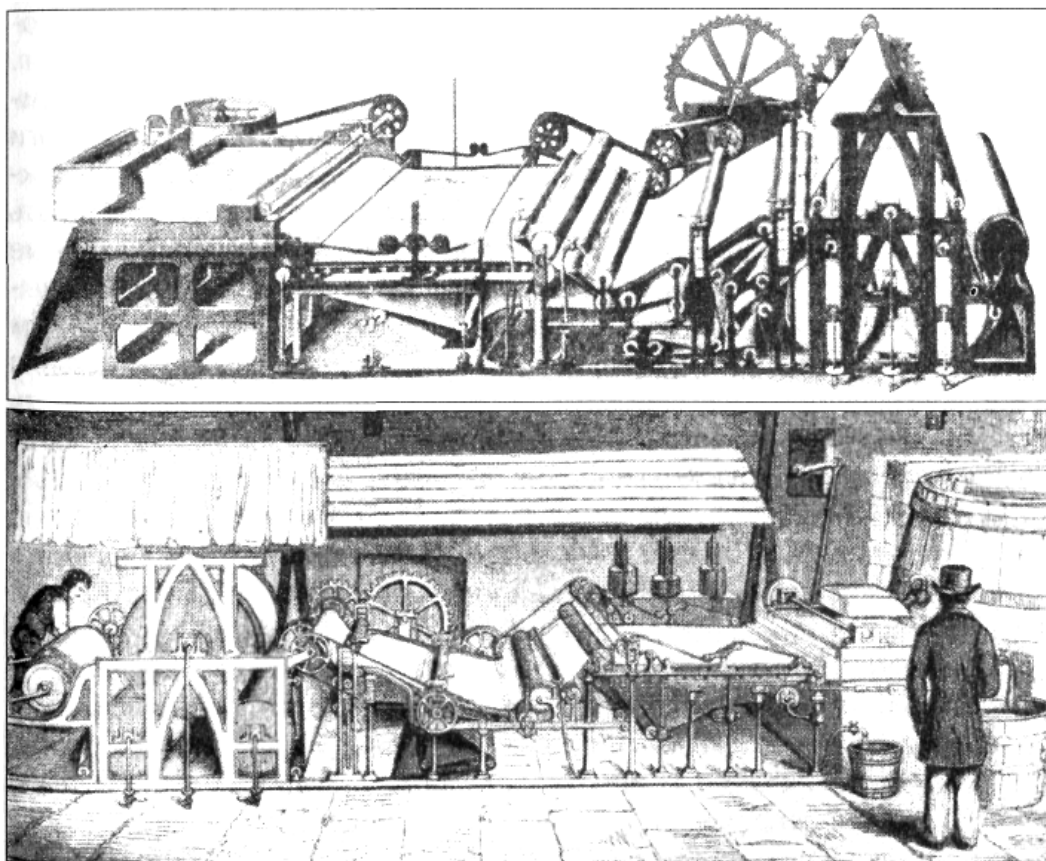


Рис. 1.7. Бумагоделательные машины 30-...40-х годов XIX в.

Рост потребления бумаги в Европе привел к нехватке традиционного сырья – тряпья. Поэтому началась интенсивная разработка технологии и оборудования для производства бумаги из древесины. В 1670 году в Нидерландах был изобретен ролл – устройство для размола растительных волокон. Это позволило использовать для изготовления бумаги более грубые волокна и получать для отлива более однородную бумажную массу. В 1719 году физиком Реомюром было предложено изготавливать бумагу из волокон древесины. Но для изготовления бумаги древесные волокна были использованы лишь спустя 40 лет немецким естествоиспытателем Шеффером. В 1774 году

шведским химиком Карлом Вильгельмом Шееле были открыты отбеливающие свойства хлора. Англичане Кемпбелл и Чарльз Теннант в 1792 году применили хлор, а в 1798 году – хлорную известь для отбеливания бумаги. В 1807 году французский инженер М. Иллиг предложил проклеивать бумагу канифольным клеем, что позволило значительно улучшить печатные свойства бумаги.

В 40-х годах XIX века саксонским ткачом Фридрихом Готлибом Келлером был создан прообраз измельчительного устройства, где для истирания волокон использовался абразивный камень. Изобретение было продано инженеру Генриху Фельтеру, который в 1847 году построил дефибрер – машину для расщепления древесины на отдельные волокна. Огромный вращающийся жернов истирал бревна в волокнистую массу, смываемую водой. Дефибрер позволил производить механическую бумажную древесную массу, которая нашла широкое применение в производстве упаковочной бумаги и картона.

По мере изучения строения древесины и ее химического состава было установлено, что клетки древесины, имеющие различную форму и размеры, плотно соединены между собой. Внутри клеток имеется полость, заполненная влагой и воздухом. Стенки клеток построены главным образом из целлюлозы, которая является высокомолекулярным соединением. Целлюлоза в чистом виде – твердое вещество. В стенке клетки макромолекулы целлюлозы объединены в пучки, называемые фибриллами. Благодаря фибриллам древесное волокно можно расщепить на много частей при размоле [2].

Не менее важную роль, чем целлюлоза, играет в древесине и другое органическое вещество – лигнин. Оно как бы пронизывает стенки растений и делает их жесткими. У молодых клеток оболочки состоят из чистой целлюлозы, поэтому они гибкие. Но с возрастом стенки клеток становятся твердыми и хрупкими – в них накапливается лигнин. Именно ему древесные волокна обязаны своей хрупкостью. Лигнин, как и целлюлоза, – полимер, но его молекула трехмерна. Для того чтобы сделать древесину пригодной для производства высших сортов бумаги, нужно освободить ее от веществ, придающих ей жесткость и желто-коричневый оттенок, в первую очередь от лигнина. На помощь пришла химия.

Еще в середине XIX века английские химики Уатт и Барджесс сумели выделить из древесины чистую целлюлозу, обрабатывая древесную щепу раствором едкого натра. Немного позднее американский химик Тильгман, нагревая еловую древесину с раствором бисульфита кальция и некоторым избытком сернистого ангидрида, получил

целлюлозу. Такой способ варки целлюлозы из древесины был назван *сульфитным*, а полученная целлюлоза – *сульфитной*.

Способ варки древесины с использованием едкого натра с добавлением сульфида натрия развился и позднее стал называться *сульфатным*, а получаемая целлюлоза – *сульфатной*. Метод обладает рядом преимуществ перед сульфитным: можно варить любые породы древесины, целлюлоза становится более прочной и долговечной.

Получаемая после варки целлюлоза имеет сероватый или коричневатый оттенок, поэтому ее подвергают отбелке. Для отбелки традиционно используют хлор и его соединения, которые способны разрушить оставшийся после варки лигнин. В последние годы отбелка хлором повсеместно заменяется безвредными веществами, такими, как пероксиды, кислород, озон, которые в перспективе можно использовать и для варки целлюлозы взамен серосодержащих соединений. Многие виды картона и бумаги вырабатываются из небеленой целлюлозы, например, тароупаковочные и технические виды.

Использование в производстве бумаги в качестве основного сырья древесины, а также механические и химические методы переработки ее на волокно явились фундаментальной основой для дальнейшего развития этой важной отрасли производства.

В производстве бумаги и картона, кроме волокнистого сырья, необходимо использовать самые разнообразные вспомогательные материалы, число которых ежегодно увеличивается.

В бумагу, предназначенную для печатания книг и журналов, добавляют специальные вещества – наполнители, заполняющие промежутки между волокнами. К ним относятся каолин, тальк, гипс, мел, диоксид титана. Отпечатки на такой бумаге получаются более яркими и четкими.

Бумага, на которой пишут и печатают, проклеивается. Клей не дает чернилам и краске расплываться по страницам, так как его частицы, оседая на волокнах, образуют своеобразную водоотталкивающую сетку. Для проклейки обычно пользуются канифольным клеем.

Первая бумагоделательная машина в России была установлена на Петергофской гранильной фабрике в 1817 году, позже она была передана Красносельской бумажной фабрике.

В 1850 году бумагоделательные машины нашли применение уже на 50 фабриках России. К 1885 году число установленных машин в России достигло 135. Применение машин сделало процесс производства бумаги непрерывным, и от выработки листовой бумаги появилась возможность перейти к ее изготовлению в рулонах.

В годы первых пятилеток бумажные фабрики Советского Союза были реконструированы и оснащены новой техникой, было построено несколько современных целлюлозно-бумажных комбинатов. Впервые создана машиностроительная база для бумажной промышленности, организованы научно-исследовательские институты и лаборатории, проектные институты. Дальнейшее ускоренное развитие производства бумаги получило в 60-е годы прошлого столетия.

## 1.2. Применение бумаги и картона для упаковки

С началом XIX века бумага и проклеенный прессованный картон все больше используют как упаковочный материал. Картонные коробки для дорогих товаров и подарков первоначально были штучным изделием. Их изготавливали вручную, часто придавая им круглую или овальную форму.

В 1798 году баварский картограф Алоиз Зенефельдер изобрел способ цветной плоской печати – литографию, которая получила широкое распространение [3]. В 1834 году в одном только Лондоне было больше 700 литографов. Это позволило освоить производство многоцветных и недорогих этикеток, которые появились на коробках со спичками, пачках чая, банках с рыбой и мясом, флаконах с духами, бутылках с вином и т.п. С 50-х годов XIX века в розничной торговле США начали использоваться плоские бумажные пакеты и картонные коробки с раскладывающимися крышками. Одной из первых картонные коробки начала использовать для упаковывания гвоздей компания «Bird». Картонные заготовки не имели битов и просечек, и их сгибали, складывали или склеивали непосредственно при упаковывании товара в магазине. В 1852 году в г. Бэтлехеме, штат Пенсильвания, был изготовлен и введен в действие один из первых станков для производства бумажных пакетов. В 1859 году в Англии по заказу почтового ведомства началось изготовление картонных ящиков для посылок.

В 60-...70-х годах XIX века потребление бумажных пакетов, мешков и картонных коробок стало стремительно увеличиваться в различных странах мира. В 1870 году появился патент Лютера Чайльдса Кроуэлла на способ изготовления бумажных пакетов с дном. Эти пакеты вскоре стали универсальной тарой. В них упаковывали сахар, крупу, макароны, печенье, конфеты [4].

В 1856 году два англичанина – Эдуард Чарльз Хейли и Эдуард Элис Аллен получили британский патент на гофрированные бумажные ленты, которые закладывались в шляпы для поддержания их



формы. В патенте не предлагалось использовать гофрированные ленты в упаковке. Лишь в 1871 году в Нью-Йорке Альберту Л. Джонсу был выдан патент США на гофрированную бумагу, которая могла использоваться как амортизирующий материал для предохранения стеклянных флаконов и бутылок от боя. Джонс не смог реализовать свое изобретение и через два года продал его Генри Д. Норрису, который в 1873 году начал производить однослойный гофрированный материал для упаковывания стеклянных бутылок и для амортизационных прокладок. Для получения гофрированной бумаги использовались нагреваемые рифленые валы. В 1874 году Оливером Лонгом был получен патент США на гофрированную бумагу с покровными слоями для упаковывания продукции в стеклянной таре. Предложение Лонга состояло в том, что полученная согласно патенту Джонса рифленая бумага оклеивалась с одной или двух сторон гладкой лентой. Это было часом рождения одно- и двухслойного гофрированного картона. В этом же году другой американский изобретатель – Роберт Х. Томпсон разработал и изготовил амортизационный материал на основе бумаги и измельченной пробки. Норрис и Томпсон решили объединить свои усилия и основали в Нью-Йорке компанию «*Tompson & Norris*», которая начала производство однослойного гофрокартона, используя разработанное и закупленное компанией специальное оборудование: установки для гофрирования и приклеивания плоских слоев, а также вентиляторные конвективные сушилки. Вначале гофрированный картон использовался как прокладочный, амортизирующий материал. В 1882 году Роберт Х. Томпсон получил патент США на двухсторонний (3-слойный) гофрокартон, что позволило начать его производство [5].

Во второй половине XIX века Брамах и Дикинсон независимо друг от друга изобрели круглосеточные машины для изготовления бумаги, а Якоб Оехельхаузер – самосъемную пап-машину. Впоследствии развитие производства бумаги шло путем повышения производительности машин. Это выражалось в увеличении прежде всего рабочей ширины машин и их скорости. В 70-...90-х годах XIX века были созданы в США и Западной Европе совершенные бумагоделательные машин, приводимые в движение паровыми устройствами, а затем электродвигателями. В этот период началось расширенное использование как одноцилиндровых (папочных) машин, так и многоцилиндровых комбинированных – длинносеточно-цилиндровых машин. С появлением длинносеточных бумагоделательных агрегатов

стало возможным машинное производство картона – бумажного материала с массой  $1 \text{ м}^2 - 400...1200 \text{ г}$  [6].

В 1868 году англичанин Чарльз Гоулд создает автоматический сшиватель для брошюровки журналов и книг, используемый в дальнейшем для скрепления картонной тары и упаковки. Эти сшиватели начали использоваться в типографиях, а затем и в картонажных цехах. Несколько позднее Е. У. Бонфилд сконструировал оборудование для рилевания, высекания и склеивания картона, что дало начало широкому применению гофрированных картонных материалов для изготовления ящиков.

Роберт Гейр из Балтимора (США) в 1879 году приспособил печатный пресс к изготовлению складных картонных коробок. Установленные на прессе тупые ножи наносили биги для сгибания, а остро отточенные ножи высекали заготовку. Созданное оборудование для высечки и фальцовки позволило начать массовую поставку складных коробок на рынок. В это же время Генри М. Смитом была создана поясная коробка. Американская компания «*Quaker oats*» начала упаковывать овсяные хлопья в картонной складной коробке с печатью (рис. 1.8). Через несколько лет такой тип упаковки стал широко использоваться для различных групп товаров.

В начале 90-х годов в США и Великобритании стали производить печенье «*Uneeda*», которое упаковывалось в бумагу с укладкой пачек в складные картонные коробки. Это была одна из первых порционных упаковок, при продаже которой не требовалось проводить взвешивание [7].

В 1883 году американская компания «*Tompson & Norris*» основала в Лондоне первую в Европе фабрику изделий из гофрокартона, а в 1886-м – собственную фабрику в Германии, в Фукстале, неподалеку от Киршберга.

В 1888 году новая фабрика картонных изделий «*Tompson & Norris*» начала свою работу во Франции.

В начале XX века в Европе уже работало более двадцати фирм, производящих упаковку из гофрокартона, и ее интенсивное развитие продолжалось.



Рис. 1.8. Одна из первых складных коробок для овсяных хлопьев «*Quaker oats*», выпущенная в 1884 г. в США

По всему миру одна за другой открывались новые картонажные фабрики: 1902-й год – Чехия, Австрия, Нидерланды, Польша, Япония (Токио); 1905-й – Швеция, Швейцария; 1907-й – Россия (С.-Петербург); 1909-й – Италия; 1910-й – Венгрия; 1911-й – Финляндия; 1913-й – Дания, Россия (Одесса); 1915-й – Австралия (Сидней).

В конце XIX века началось массовое производство бумаги и картона из древесной массы и целлюлозы. До 1900 года рабочая ширина бумагоделательных машин находилась в диапазоне 1,6...3,0 м, а скорость машин – 30...120 м/мин. Изготовители машин столкнулись с границами возможностей, которые предоставляли технологические решения того времени. Скорость ограничивалась (250 м/мин) прежде всего из-за малой интенсивности процессов обезвоживания бумажного полотна посредством гауч-прессов и покрывных прессов. Лишь с изобретением в 1908 году отсасывающих ящиков, а в 1911 – бегунов высокого давления и несущих барабанно-роликовых аппаратов удалось преодолеть эту границу и существенно повысить производительность бумажных машин.

В последнее десятилетие XIX века в США, Англии, Германии появились более совершенные конструкции машин и оборудования для производства картонных изделий. В США изобретателем Сефтоном был построен прототип комбинированной машины для производства гофрокартона. Это привело к дальнейшему развитию производства картонных изделий. В 1907 году для тестирования картона стал использоваться Муллен-тестер – гидравлический измеритель усилия продавливания картона, изобретенный в 1887 году Джоном В. Мулленом. Оборудование для производства картона и картонных изделий в 20-...30-х годах XX века постепенно приобретало современный облик (рис. 1.9, 1.10).

В 1916 году американский изобретатель Сефтон изготовил в г. Кокомо, штат Индиана, первый 5-слойный гофрокартон. Производительность машин для изготовления гофрокартона увеличилась с 3 м/мин (1895 год) до 10 м/мин (1910 год).

В начале 20-х годов XX века инженер Эрнст Могель построил в Дрездене первую быстроходную роторную машину для производства картонных заготовок с рабочей скоростью до 30 м/мин. В США была установлена машина для газетной бумаги, которая при рабочей ширине 5,9 м и со скоростью 300 м/мин ежедневно производила до 127 т брутто-продукции. К 1970 году эти параметры машин в мире стабилизировались, прежде всего в США и Канаде: рабочая ширина 7...7,5 м и скорость 800...900 м/мин. Это давало 400...500 т бумажной продукции в день.

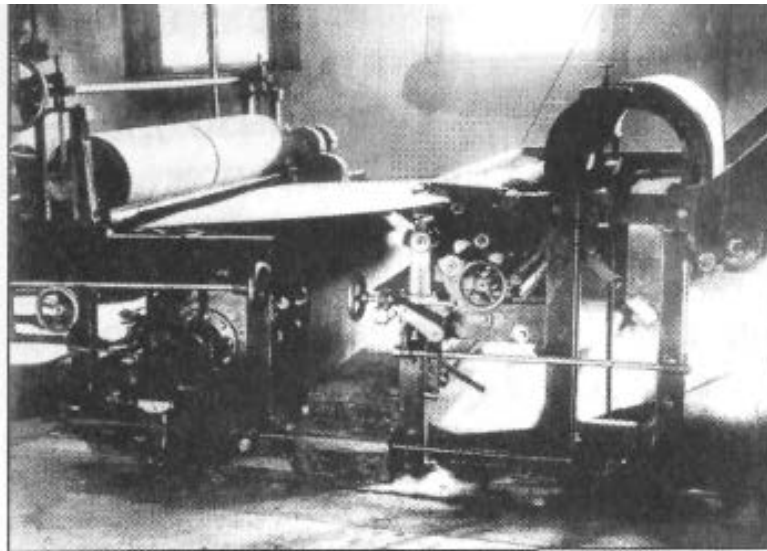


Рис. 1.9. Кашировальная машина с клеевой секцией  
(начало XX века)

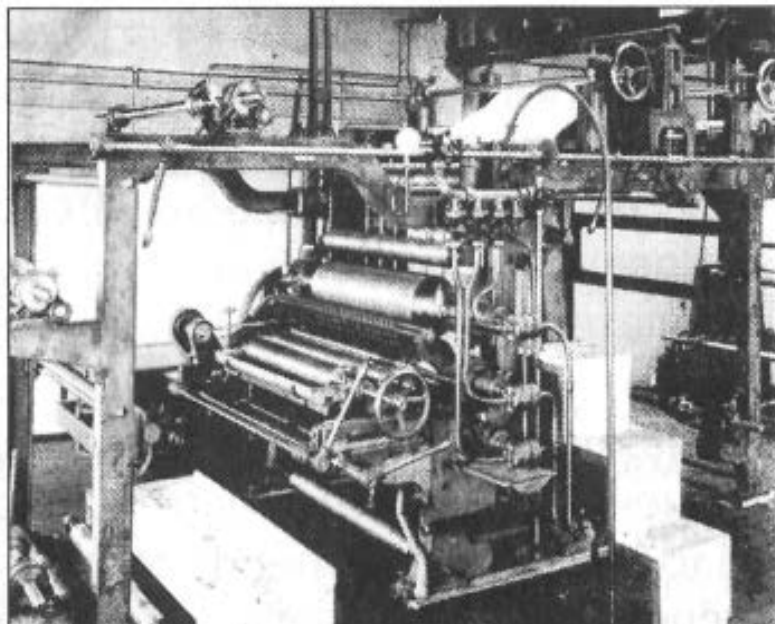


Рис. 1.10. Машина для изготовления однослойного гофрокартона  
шириной 1,4 м (середина 30-х годов XX века)

Технический прогресс привел также к тому, что скорости машин для производства гофрокартона увеличились с 25 м/мин (1920 год) до 400 м/мин (2000 год).

В настоящее время преобладающим видом целлюлозы является сульфатная беленая, а сульфатный способ производства является ведущим во всех странах с развитой целлюлозно-бумажной промышленностью. Доля сульфатной целлюлозы в общей выработке целлюлозы составляет в США, Финляндии, Японии, Канаде более 90 %, а в России более 60 % [8].

В ближайшие 10 лет сульфатный способ производства целлюлозы сохранит свою ведущую роль, несмотря на экологическое неблагополучие, связанное с выделением в окружающую среду метилсернистых соединений. Конкурентоспособным признается натронный способ с добавкой антрахинона [9]. Сульфитный способ также сохранил право на существование и у нас в стране, и в Канаде, и в средне-европейских странах. Сульфитный способ дает возможность получать легкобелимую целлюлозу [10].

В XXI веке в ряде стран будут работать целлюлозные заводы, осуществляющие варку с органическими растворителями [9].

Давно известно, что грибы белой гнили способны разрушать древесный лигнин, не затрагивая целлюлозу. Это обстоятельство заложено в биологическом методе делигнификации с целью получения технической целлюлозы [9].

В настоящее время разрабатываются и внедряются методы варки с веществами, не содержащими серу, например, кислородно-щелочная обработка, обработка пероксидами, озоном. Эти же вещества используют для отбеливания вместо традиционно применяемого хлора и его соединений [11].



## 2. ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА БУМАГИ И КАРТОНА

Процесс получения бумаги или картона состоит из двух основных этапов:

– первый этап заключается в выделении волокон из растительного сырья и придании им бумагообразующих свойств (гибкости, пластичности);

– второй этап – получение из этих волокнистых материалов (волокнистых полуфабрикатов) бумаги или картона.

### 2.1. Волокнистые полуфабрикаты, применяемые для производства бумаги и картона

#### 2.1.1. Виды растительного сырья

Источником растительного сырья для получения волокнистых полуфабрикатов служат семенные растения. Основными составляющими любого семенного растения являются стебель, лист и корень. В соответствии с разделением стеблей на деревянистый и травянистый типы различают *древесные* и *травянистые растения*. К древесным растениям относят деревья и кустарники [2].

*Деревья* – многолетние растения, имеющие хорошо выраженный ствол (деревянистый стебель) с верхушечным побегом, корневую систему и ветви, образующие крону. Для ствола, ветвей, корней характерно одревеснение, вызываемое лигнификацией – отложением лигнина, придающего жесткость древесной ткани.

Высота деревьев может достигать 100 и более метров при диаметре несколько метров. По *высоте* различают деревья первой (более 25 м), второй (15...25 м), третьей (7...15 м) величины и низкие (обычно 5...7 м). В особо благоприятных условиях могут вырастать гигантские деревья, например эвкалипты.

В ботанике деревья классифицируются на две основные группы: хвойная (шишконосная), или группа мягкой древесины (красное дерево, ель, сосна, пихта, лиственница, кедр, а также тсуга), и лиственная, или группа твердой древесины (береза, бук, клен, дуб, тополь, камедное дерево, вяз, осина, а также хлопковое дерево). Они различаются свойствами и строением древесины.

*Хвойные древесные породы* относятся к классу хвойных (*Coniferopsida*, или *Pinopsida*) отдела голосеменных. Хвойные насчитывают семь семейств, около 55 родов и 600 видов. Представители хвойных пород – это, главным образом, деревья высотой от 10 до 100 м, реже кустарники. Большинство хвойных деревьев вечнозеленые, за исключением немногих, сбрасывающих хвою на зиму, например лиственница (род *Larix*), которая является основной лесообразующей породой России.

*Лиственные древесные породы* относятся к классу двудольных (*Dicotyledones*) отдела покрытосеменных. Они очень разнообразны и распространены во всех лесных районах мира. Число видов лиственных деревьев значительно превышает число видов хвойных и по разным данным составляет от 12000 до 30000.

В России для производства бумаги и картона используют осину (тополь), березу, на Западе – вяз, бук, дуб, граб, клен. Лиственные деревья могут быть листопадными, сбрасывающими листву зимой (в умеренном климате) или в сухой сезон (в тропическом климате), и вечнозелеными (в тропиках и субтропиках).

**Кустарники** также имеют одревесневшие надземные части, но в отличие от деревьев, у них отсутствует главный ствол и ветвление начинается от поверхности почвы. Высота кустарников не превышает 6 м, продолжительность жизни может достигать нескольких сотен лет, но у отдельных стволиков она составляет от 10 до 40 лет. В районах с отсутствием древостоев для производства бумаги и картона широко используются кустарники.

**Травянистые растения** характеризуются наличием недревесневших стеблей (вследствие меньшей степени лигнификации клеточных оболочек). Надземные части (стебель, листья) у них отмирают к концу вегетационного периода. Различают однолетние, двулетние и многолетние травянистые растения. Виды недревесного растительного сырья по анатомо-морфологическому строению и химическому составу можно условно разделить на две основные группы:

- виды сырья с высоким содержанием целлюлозы (75...85 %) и низким содержанием лигнина (1...2 %), характеризующиеся большой длиной элементарных волокон (10 мм и выше);

- все остальные виды, содержащие 35...52 % целлюлозы, 10...25 % лигнина, 18...27 % пентозанов и характеризующиеся сравнительно малой длиной элементарных волокон (0,3...2,0 мм).

К первой группе относятся волокна хлопка, хлопковый лinters, лубяные волокна льна и конопли, ко второй – все остальные

недревесные растения. Существенным преимуществом этого вида сырья является ежегодная возобновляемость, однако трудность сбора, доставки и хранения пока ограничивают его применение. Целлюлоза из однолетних растений придает ряд специфических свойств бумаге (повышает гладкость, непрозрачность, белизну) и поэтому является желательным волокнистым полуфабрикатом в композиции многих видов бумажной продукции.

Россия занимает первое место в мире по промышленным запасам древесины – около 80 млрд м<sup>3</sup> (25 % мировых запасов), располагающимся на площади 675 млн га. Основная масса запасов древесины приходится на хвойные породы (более 80 %). Из хвойных древесных пород на территории стран СНГ наиболее распространены представители семейства сосновых (*Pinacea*), основными из которых (38 % лесной площади) являются виды лиственницы (род *Larix*), сосна (род *Pinus*, 22 %), ели (род *Picea*, 11 %), пихты (род *Abies*, 5 %). На основные мягколиственные породы – березу (род *Betula*) и осину (род *Populus*) приходится 17 % лесной площади, а на твердолиственные, в которых преобладает дуб (род *Quercus*), – только 5 %.

Из древесины получают около 95 % волокнистых полуфабрикатов, оставшуюся часть вырабатывают из недревесного растительного сырья (соломы крупяных и хлебных злаков, багассы, бамбука, конопли, хлопка и льна), а также из макулатуры и синтетических волокон.

Размеры и форма древесных волокон зависят от породы и вида древесины (рис. 2.1).

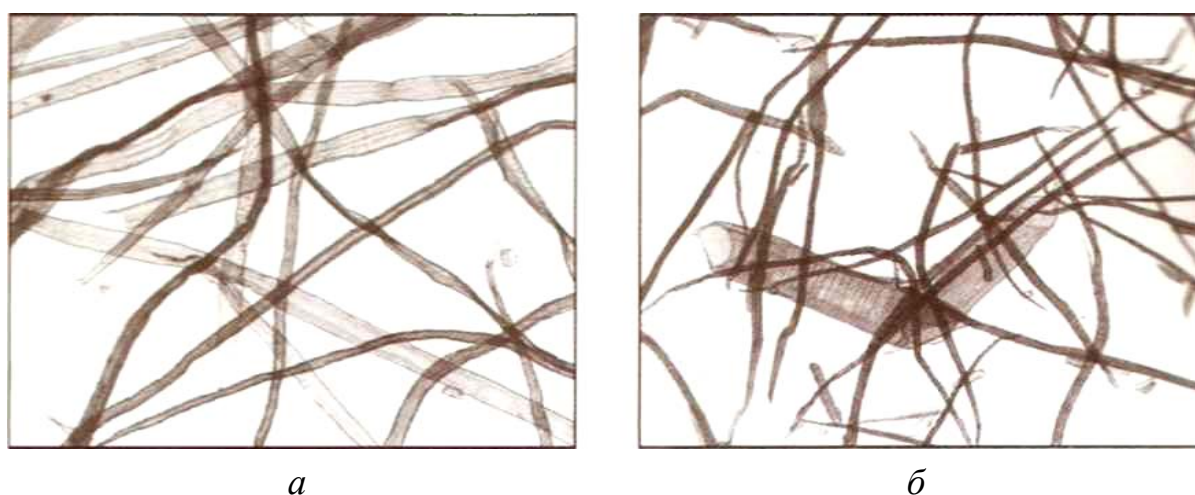


Рис. 2.1. Волокна древесины: а – мягкой (хвойной); б – твердой (лиственной) древесины (масштаб 1:90)

В среднем деревья с мягкой древесиной имеют длину волокон 1,3...2,4 мм, в то время как деревья с твердой древесиной имеют более короткие волокна длиной 0,8...1,2 мм. Различия в длине и структуре волокон, имеющиеся у хвойных и лиственных деревьев, оказывают значительное влияние на их характеристики с точки зрения бумажного производства.

### 2.1.2. Сырье для волокнистых полуфабрикатов

**Балансы** – это древесина хвойных и лиственных пород, поступающая на целлюлозно-бумажные предприятия в виде бревен толщиной 60...240 мм и соответствующая возрасту 50...200 лет [12]. Балансы предназначены для получения технической целлюлозы и древесной массы. Качество балансов характеризуется шириной годовичных колец, сучковатостью, прямизной и округлостью ствола, наличием гнили.

**Низкокачественная древесина** – это круглые лесоматериалы, которые по своим качественным показателям или размерам не соответствуют стандартам и техническим условиям на деловую древесину [13]. Основным пороком, по которому древесина переводится в разряд низкокачественной, является внутренняя гниль (85 %), кривизна, овальность, крень, сучковатость (15 %).

**Дрова для технологических нужд** – это древесина преимущественно лиственных пород, поставляемая предприятиям по специальным техническим условиям. Характерными особенностями дров являются трудность их окорки, высокое содержание гнили, большая кривизна, сучковатость и разнообразие размеров.

**Отходы лесопиления** – это отходы периферической части ствола деловых пиловочных бревен древесины хвойных и лиственных пород с низким содержанием сучков и других пороков. Отходы лесопиления являются высококачественным технологическим сырьем для производства целлюлозы сульфатным и сульфитным методами варки.

**Отходы деревообработки.** В виде технологической щепы используются отходы деревообрабатывающих предприятий – фанерных, мебельных, катушечных, тарных, столярных и др. Щепа очень неравномерна по размерам, но почти не содержит сучков и гнили. Такая щепа успешно применяется для производства полуцеллюлозы, различных механических масс, сульфатной, сульфитной и бисульфитной целлюлозы.

**Тонкомерная древесина** – это молодая древесина, диаметр которой не превышает 13 см (в верхнем торце от 2 до 13 см включительно).

К тонкомерной древесине относят плантационную молодую древесину с коротким циклом выращивания, стволую часть лесосечных отходов; молодую древесину рубок ухода (вершины, сучья и ветви деревьев).

**Технологическая щеп** – это древесное сырье для выработки волокнистых полуфабрикатов. Основную массу составляет щеп, получаемая из балансов непосредственно на целлюлозно-бумажных комбинатах. Все древесные отходы, низкокачественная древесина и дрова превращаются в технологическую щепу, которая поставляется на предприятия в готовом к переработке виде и должна содержать не менее 84 % щепы нормальных размеров, не более 3 % коры, 6 % гнили и 1 % опилок, остальное – мелочь.

**Опилки** – это источник древесного сырья для получения целлюлозы, они образуются в огромных количествах при распиловке заготовленной древесины. Сульфатная целлюлоза из опилок хвойных пород по механическим показателям близка к сульфатной целлюлозе из древесины лиственных пород; выход ее на 5 % ниже, чем из нормальной щепы.

**Недревесное сырье** – это однолетние растения, вторичное сырье и макулатура.

**Вторичное сырье** – тряпье (тряпичные волокна) является более дефицитным по сравнению с целлюлозой волокнистым материалом; в настоящее время используется для изготовления бумаги в относительно небольшом объеме. Тряпичные волокна, получаемые из хлопчатобумажного и льняного тряпья, волокнистых отходов текстильного, канатно-веревочного и швейного производств, волокон хлопка, льна и др., длиннее и прочнее волокон древесной целлюлозы. Они придают бумаге и картону повышенную прочность и эластичность, поэтому применяются для выработки высококачественной документной, денежной, чертежной, картографической, копировальной, писчей и многих технических видов бумаги и картона.

**Макулатура** – сырье для целлюлозно-бумажной промышленности, ресурсы которого постоянно возрастают. Значительный рост переработки макулатуры объясняется тем, что 1 т макулатуры заменяет 3...4 м<sup>3</sup> древесины, а макулатурная масса почти в два раза дешевле древесной массы и целлюлозы [14].

**Синтетические волокна** используют для получения бумаг со специфическими свойствами. Недостатками синтетических волокон являются их высокая стоимость, зависимость от невозобновляемого сырья, например нефти, они не являются биоразрушаемыми и непригодны для повторной переработки.



### 2.1.3. Подготовка растительного сырья к переработке

**Хранение древесного сырья** осуществляется на лесных складах (биржах), представляющих собой открытую сухую (незатопляемую) площадку, по возможности ровную, расположенную на невысоком берегу реки с прямой береговой линией и примыкающей тихой акваторией [12], [13].

На лесной бирже сырье выгружается из транспортных средств, распределяется и укладывается на биржевой площадке, хранится и подается в производство. Выгружаемые из воды или железнодорожных платформ пучки древесины поступают на раскатный стол и далее – на лесотранспортер многопильного станка (*слешера*), где распиливаются на балансы длиной 1,25...1,5 м (рис. 2.2).

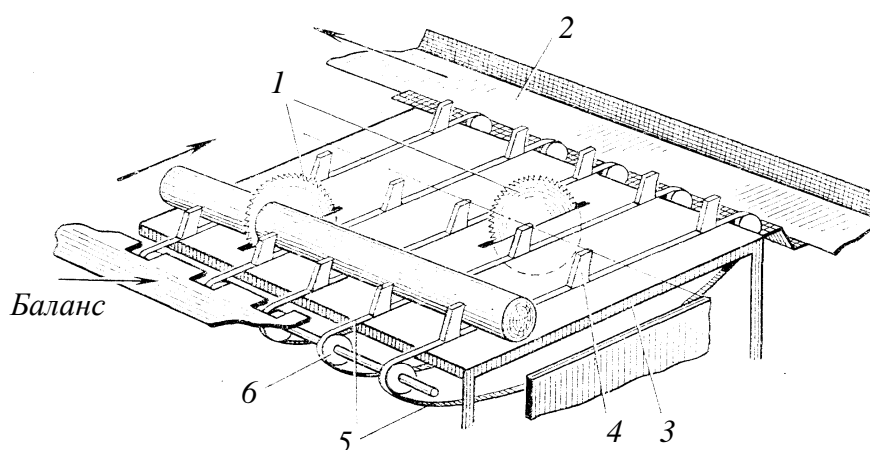


Рис. 2.2. Схема устройства и принцип действия многопильного станка:  
1 – пила; 2 – продольный транспортер; 3 – наклонная рама; 4 – захват;  
5 – многоцепной транспортер; 6 – звездочка

Распиленные балансы направляются на окорку в *корообдирочные барабаны* (рис. 2.3). Древесные балансы подаются с торца барабана и за счет его вращения, ударяясь о стенки и друг о друга, продвигаются к противоположному выгрузочному концу. При таком характере передвижения балансов происходит интенсивное разрушение, и сдирание с них коры. В восточных регионах Северной Америки, древесные балансы из высокорослых большого диаметра деревьев окориваются гидравлическим способом. Струя воды бьет под высоким напором, ударяется во вращающееся бревно, снимая кору.

При производстве механической массы из балансов окоренные балансы сразу направляются на дефибреры. Для получения технической целлюлозы или механической массы из щепы балансы направляются в рубительную машину для получения технологической щепы.

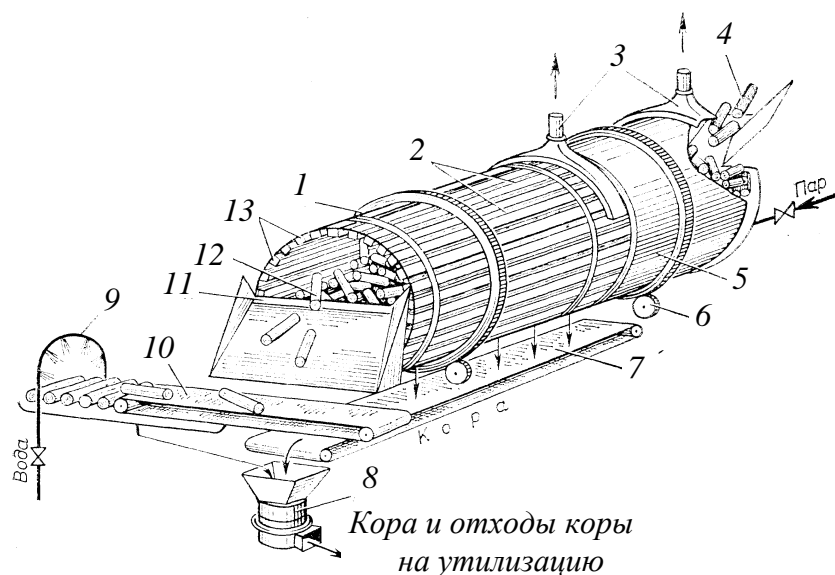


Рис. 2.3. Схема устройства и принцип действия корообдирочного барабана для сухой окорки балансов: 1 – открытая окорочная секция; 2 – щели для удаления коры; 3 – вытяжная вентиляция; 4 – неокоренный баланс; 5 – закрытая секция; 6 – опорный ролик; 7 – транспортер отходов окорки; 8 – корорубка; 9 – кольцевой спрыск; 10 – транспортер окоренных балансов; 11 – подвижный затвор; 12 – окоренный баланс; 13 – профильные балки

**Рубка балансов в щепу.** Задачей рубки является измельчение окоренных балансов в щепу, однородную по размерам (длина 16...20 мм, ширина 20...25 мм, толщина 2...3 мм) и с гладким отрубом. Повсеместно на целлюлозных заводах балансы измельчают дисковыми многоножевыми рубительными машинами (рис. 2.4).

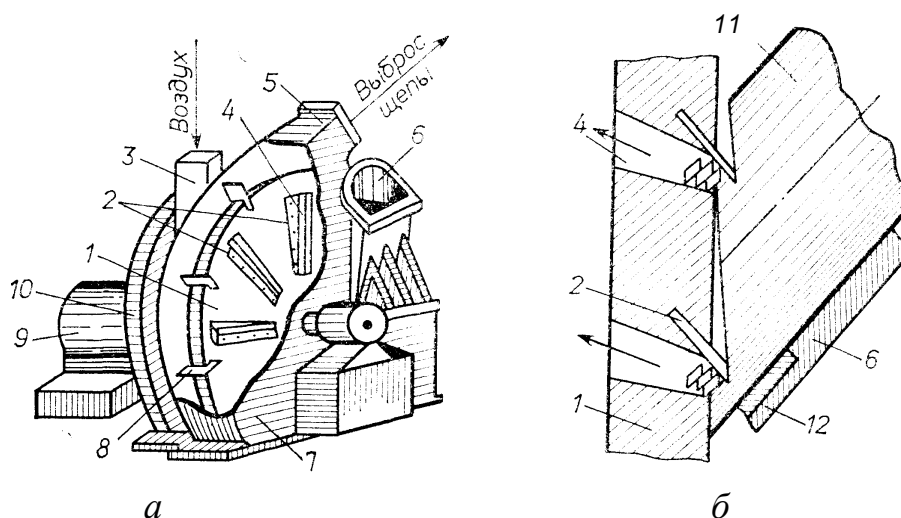


Рис. 2.4. Схема дисковой многоножевой рубительной машины (а) и принцип измельчения балансов (б):

1 – стальной диск; 2 – ножи; 3 – всасывающий воздухопровод; 4 – прорез в диске; 5 – патрубок; 6 – питающий патрон; 7 – кожух; 8 – лопатка; 9 – привод; 10 – диск-маховик; 11 – баланс; 12 – упорный нож

Рабочим органом рубильной машины является стальной диск с радиально расположенными ножами. Балансы по наклонно расположенному (угол наклона от  $45$  до  $50^\circ$  к горизонту) питательному патрону один за другим подаются к диску и попадают под удары ножей.

Режущие кромки ножей, взаимодействующие с упорным ножом, отрубают от бревна шайбы толщиной  $15...25$  мм, которые фасками ножей раскалываются вдоль волокон на отдельные кусочки, проскакивают сквозь прорези диска на его другую сторону и, ударяясь о стенки кожуха, дробятся в щепки. Толщина отрубаемых шайб регулируется выступом ножа над диском.

**Сортирование, транспортирование и хранение щепы.** В процессе рубки наряду с нормальной щепой образуются мелочь и крупные куски, которые отделяются от нее сортированием. Щепы сортируются на плоских сортировках. Устройство состоит из металлического короба, установленного под углом  $20^\circ$  к горизонту, в котором одно над другим укреплены три сита: верхнее с отверстиями  $30 \times 30$  мм, среднее –  $10 \times 10$  мм и нижнее –  $5 \times 5$  мм (рис. 2.5).

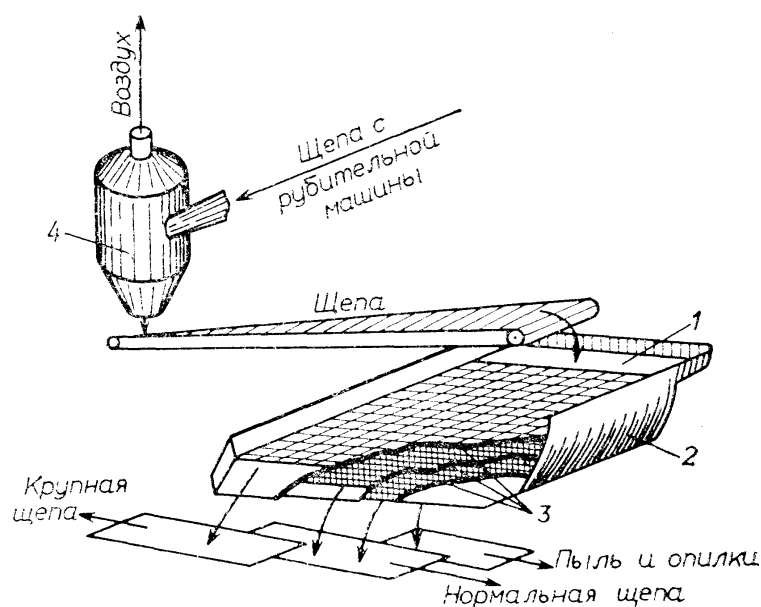


Рис. 2.5. Схема устройства плоской сортировки:

1 – приемный карман; 2 – металлический короб; 3 – сита; 4 – циклон

Щепа с рубильной машины выбрасывается в циклон, где, поступая по касательной к цилиндрической стенке, теряет скорость и падает в нижнюю часть циклона. Из циклона щепа попадает на ленточный транспортер и направляется на сортировку. Несортированная щепа подается в приемный накопитель и распределяется по поверхности верхнего сита. Благодаря наклону сортировки и ее колебательным движениям щепа, продвигаясь вдоль поверхности сит,

просеивается, разделяясь на фракции (крупная щепа, нормальная щепа, мелкая щепа, опилки и пыль), которые задерживаются верхним, средним, нижним ситами и поддоном короба.

Нормальная и мелкая щепа объединяются в общий поток и ленточным транспортером подаются в варочный цех. Крупная щепа своим транспортером подается на дезинтегратор, после чего возвращается на сортирование. Опилки и пыль с поддона короба направляются на утилизацию. Отсортированная щепа из древесно-подготовительного цеха поступает в бункеры варочного цеха, в промежуточные наземные бункеры-силосы, в которых запас обычно обеспечивает суточную работу целлюлозного завода, или на кучевое хранение.

#### 2.1.4. Получение волокнистых полуфабрикатов

Волокнистые полуфабрикаты из растительного сырья для производства бумаги и картона могут быть получены двумя основными способами: *химическим*, при этом получается техническая целлюлоза, и *механическим*, при этом способе получается механическая (древесная) масса. Иногда при механическом способе также применяют химические реагенты (рис. 2.6).



Рис. 2.6. Виды волокнистых полуфабрикатов

### 2.1.5. Получение технической целлюлозы

Природная целлюлоза является основным веществом, из которого построены стенки растительных клеток, поэтому растительное сырье различных видов служит единственным источником производства волокнистых полуфабрикатов, в том числе и технической целлюлозы.

*Целлюлоза* – это жесткоцепной полимер стереорегулярного строения с эмпирической формулой  $[C_6H_{10}O_5]_n$  или  $[C_6H_7O_2(OH)_3]_n$ . Степень полимеризации природной целлюлозы невелика и зависит от вида растения: для хлопковой целлюлозы 15000...20000, для древесной 5000...10000, для сульфатной 1000...1400 [2], [15].

Процесс получения технической целлюлозы сводится к освобождению целлюлозных волокон из растительного сырья от сопутствующих компонентов – лигнина, гемицеллюлоз, смол и жиров, находящихся в растительных тканях. Выделение целлюлозы из измельченного древесного или другого растительного сырья с химическими реагентами при повышенной температуре и давлении называется процессом *варки*. Поскольку основным веществом, от которого стремятся освободить растительную ткань, является лигнин, то процесс называется *делигнификацией*. Продукт, полученный в результате делигнификации растительного сырья, называется *технической целлюлозой*. В процессе варки получают техническую целлюлозу с различным количественным выходом из исходного материала в зависимости от условий и продолжительности обработки.

### Классификация технической целлюлозы

Технические целлюлозы классифицируются по трем показателям: *выходу и степени делигнификации, по способу варки и по назначению*.

**По величине выхода и степени делигнификации** технические целлюлозы делятся на три основные категории:

1) *полуцеллюлоза* – продукт с выходом от 80 до 60 % от массы исходного растительного сырья. Полуцеллюлоза лишь в небольшой степени освобождена от лигнина (он содержится в количестве 15...20 %), и для превращения полуцеллюлозы в волокнистую массу необходим механический размол. Волокна полуцеллюлозы получают жесткими, что необходимо для изготовления гофрированного картона, тубусов из фибры, втулок и контейнеров. Она не используется для изготовления печатной и писчей бумаги;

2) *целлюлоза высокого выхода* – выход от 60 до 50 %. Целлюлоза высокого выхода при варке достигает «точки дефибрирования» и поэтому может быть разделена на волокна простым размывом струей воды. Целлюлоза высокого выхода также содержит еще много лигнина, гемицеллюлоз и других сопутствующих веществ;

3) *целлюлоза нормального выхода* – выход от 50 до 40 %. С увеличением степени провара уменьшается выход целлюлозы после варки, так как растворяется не только лигнин, но и гемицеллюлозы, а при производстве мягкой целлюлозы даже сама целлюлоза. Целлюлоза нормального выхода делигнифицирована в большей степени, и по степени провара она условно делится на три группы:

- жесткая – с содержанием лигнина от 3 до 8 %;
- среднежесткая – с содержанием лигнина от 1,5 до 3 %;
- мягкая – содержит лигнина не более 1,5 %.

**По способу варки** целлюлоза классифицируется в зависимости от свойств и вида применяемых химикатов. Все известные способы делят на группы: *кислотные, щелочные, окислительные, органосольвентные, ступенчатые и комбинированные*.

К *кислотным способам* варки относят сульфитный (рН менее 3,5), бисульфитный (рН от 3,5 до 5), моносльфитный (рН более 7), нейтрально-сульфитный (рН около 7) и щелочно-сульфитный (рН 8...10). Основными реагентами служат диоксид серы, сернистая кислота  $\text{H}_2\text{SO}_3$ , ее кислые (бисульфиты) и средние (сульфиты) соли. В качестве катиона используют  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ .

К *щелочным способам* варки относятся натронный и сульфатный. Натронный используется редко и главным образом для варки листовенных пород и недревесного растительного сырья. При сульфатной варке реагентом является смесь едкого натра и сульфида натрия ( $\text{NaOH}+\text{Na}_2\text{S}$ ).

К *окислительным способам* варки относятся окислительная варка в водной среде, кислородно-щелочная, гидроксипероксидно-щелочная и азотнокислая.

К *ступенчатым способам* относят двухступенчатые варки (бисульфитно-сульфитная, моносльфитно-сульфитная, моносльфитно-бисульфитная и бисульфитно-моносльфитная), в которых в разных ступенях процесса используются сульфитные варочные растворы с различным значением рН. В эту же группу входит двухступенчатый сульфитно-сульфитный способ, в котором в обеих ступенях процесса применяется сульфитная варочная кислота, но с различным

содержанием основания. Существуют также варианты трехступенчатых варок с применением сульфитных варочных реагентов.

В число *комбинированных* сульфитных способов входят сульфитно-щелочные процессы, в которых сульфитный или бисульфитный способ используется лишь в первой или же в двух первых ступенях, а в последней ступени применяется какой-либо щелочной способ варки – сульфатный, натронный, содовый. К комбинированным способам варки относятся двухступенчатые сульфитно-сульфатный, сульфитно-содовый, бисульфитно-содовый, трехступенчатый бисульфитно-сульфитно-содовый и некоторые другие разновидности. К комбинированным способам также относится двухступенчатый натронно-сульфитный способ, при котором щелочной реагент (NaOH) применяется в первой ступени варки, а сульфитная кислота – во второй.

*Органосольвентные способы* относятся к нетрадиционным способам делигнификации растительного сырья, имеют свою классификацию и ряд преимуществ перед традиционными методами.

**По предназначению** целлюлоза делится на небеленую, беленую и облагороженную.

*Небеленую целлюлозу* получают в результате варки растительного сырья любым способом. Это продукт с низкой белизной, содержащий значительное количество сопутствующих целлюлозе компонентов (лигнин, экстрактивные вещества). Освобождение от них за счет продолжительности варки приводит к значительному разрушению целлюлозы, и как следствие, снижению выхода и ухудшению ее свойств.

*Беленую целлюлозу* получают в процессе отбелки химическими отбеливающими реагентами.

*Облагороженная целлюлоза* получается в результате дополнительной щелочной обработки для более полного удаления гемицеллюлоз. Облагораживание обычно совмещают с процессом отбелки. Отбелке и облагораживанию подвергают преимущественно мягкую целлюлозу и целлюлозу средней жесткости, предназначенные как для производства бумаги, так и для *химической переработки*.

Полуцеллюлоза, целлюлоза высокого выхода, небеленая целлюлоза нормального выхода, полубеленая, беленая и облагороженная целлюлозы являются волокнистыми полуфабрикатами, находящими широкое практическое применение для производства самых разнообразных видов бумаги и картона. На эти цели перерабатывается около 93 % всей вырабатываемой в мире целлюлозы. Остальная часть целлюлозы служит сырьем для химической переработки.



## Показатели качества технической целлюлозы

Для характеристики свойств и качества технической целлюлозы, определяющих ее потребительскую ценность, применяют целый ряд различных показателей. Рассмотрим наиболее важные из них [16].

*Содержание лигнина* – один из основных показателей, оценивающих пригодность небеленой целлюлозы для выработки определенных видов бумаги и картона. В беленых целлюлозах содержание лигнина мало, поэтому этот показатель для них не определяют.

*Содержание пентозанов* в сульфитных целлюлозах составляет от 4 до 7 %, а в сульфатных той же степени делигнификации 10...11 %. Наличие пентозанов в целлюлозе способствует повышению ее механической прочности, проклейки, размалываемости, поэтому более полное сохранение их в целлюлозе для производства бумаги и картона благоприятно сказывается на качестве продукции. В целлюлозе для химической переработки пентозаны – нежелательная примесь.

*Содержание смолы* в сульфитной хвойной целлюлозе высокое, достигает 1...1,5 %, так как сульфитная варочная кислота не растворяет смолистых веществ древесины. Щелочные варочные растворы растворяют смолы, поэтому их содержание в целлюлозе щелочных варок невелико и составляет 0,2...0,3 %. Высокое содержание смолы в целлюлозе, особенно так называемой «вредной смолы», создает затруднения в бумажном производстве вследствие липких смолистых отложений на оборудовании.

*Медное число* характеризует степень деструкции целлюлозы в процессах варки, отбелки и облагораживания. На конце каждой целлюлозной молекулы имеется альдегидная группа, способная восстанавливать соли окисной меди до закиси меди, и чем больше деструктирована целлюлоза, тем больше меди может восстановить 100 г целлюлозы в пересчете на абсолютно сухую массу. Для мягких целлюлоз медное число выше, чем для жестких. Целлюлоза щелочных варок имеет медное число около 1,0, сульфитная – 1,5...2,5. Отбелка и облагораживание увеличивают степень деструкции.

*Степень полимеризации* определяется измерением вязкости растворов целлюлозы вискозиметрическим методом. Техническая целлюлоза неоднородна и представляет собой смесь высокомолекулярных фракций с различной степенью полимеризации. Средняя степень полимеризации характеризует усредненную длину целлюлозных цепей. Для технических целлюлоз степень полимеризации находится в пределах 1000...5500.

*Механические прочностные свойства* целлюлозы испытывают после размола ее до степени помола 60 °ШР. Наиболее часто определяют сопротивление разрыву, излому, продавливанию и раздиранию. В зависимости от вида сырья, способа получения, режима обработки и других факторов перечисленные показатели могут колебаться в широких пределах.

*Бумагообразующие свойства* – это совокупность свойств, обуславливающих достижение требуемого качества изготавливаемой бумаги и характеризующихся рядом разнообразных показателей.

*Сорность целлюлозы* определяется подсчетом соринок с обеих сторон смоченного образца целлюлозной папки массой 500 г при просвечивании его источником света определенной силы и выражается числом соринок, отнесенных к 1 м<sup>2</sup> поверхности. Например, содержание соринок для различных беленых целлюлоз, допускаемое стандартами, может колебаться от 160 до 450 шт. на 1 м<sup>2</sup>, для небеленых – от 2000 до 4000 шт.

## **Производство технической целлюлозы сульфитным способом**

Общая схема производства сульфитной целлюлозы из древесины складывается из нескольких стадий (рис. 2.7):

1) подготовка древесины, которая состоит из операций по выгрузке и хранению древесины, очистке ее от коры, распиловке и измельчению в щепу;

2) приготовление варочной кислоты в виде раствора бисульфита Са, Mg, Na и NH<sub>3</sub> с избытком двуокиси серы (сюда входят операции по сжиганию серы или колчедана, очистке и охлаждению сернистого газа и поглощению его с образованием кислоты);

3) варка щепы с сульфитной кислотой в котлах под давлением 0,5...1 МПа (5...10 кгс/см<sup>2</sup>) при температуре 130...150 °С, включая операции по регенерации SO<sub>2</sub> и промывке сваренной целлюлозной массы;

4) очистка целлюлозной массы от непровара, костры и минеральных загрязнений;

5) при необходимости отбелка и облагораживание целлюлозы с целью повышения белизны и улучшения физико-химических свойств;

6) обезвоживание и сушка целлюлозы.

Кроме перечисленных операций, неотъемлемой составной частью сульфитного завода является цех переработки отработанного

сульфитного щелока на сопутствующие продукты: этиловый спирт, технические лигносульфонаты. При использовании для варки растворимых оснований ( $\text{Mg}(\text{HSO}_3)_2$ ,  $\text{NaHSO}_3$ ,  $\text{NH}_4\text{HSO}_3$ ) предприятия имеют еще цех регенерации химикатов из отработанных щелоков [10], [16], [17].

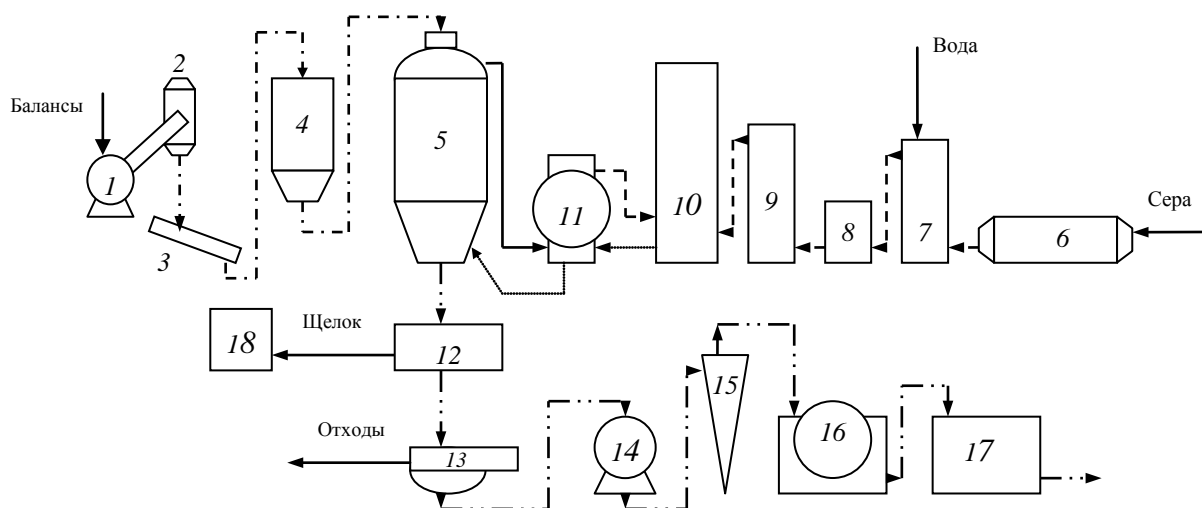


Рис. 2.7. Схема сульфитного производства:

--- — щепа; ..... — варочная кислота; ----- — сырая кислота;  
 ————— — сдувные газы; - - - - - — техническая целлюлоза;

- 1 — рубительная машина; 2 — циклон; 3 — вибросортировка; 4 — бункер для щепы;  
 5 — варочный котел; 6 — циклонная серная печь; 7 — полый скруббер;  
 8 — селеновая камера; 9 — холодильник для охлаждения газов; 10 — насадочный абсорбер; 11 — регенерационная цистерна; 12 — ссеза (выдувной резервуар);  
 13 — промывной фильтр; 14 — сортировка; 15 — центриклинер;  
 16 — сгуститель; 17 — бассейн целлюлозы

Небеленая сульфитная целлюлоза имеет относительно невысокую прочность и легко отбеливается. Ее применяют как дополнение к механическим массам (например, в газетной бумаге). Беленую сульфитную целлюлозу используют при получении белых печатных и писчих бумаг.

### Производство технической целлюлозы щелочными способами. Сульфатный способ

В 1853 году впервые была получена древесная целлюлоза натронным способом, а в 1879 году был предложен способ возмещения потерь щелочи при натронном способе дешевым реагентом — сульфатом натрия  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , который превращается в процессе регенерации щелочи

в сульфид натрия. Благодаря этому был разработан новый способ получения целлюлозы – сульфатный способ. В отечественной практике процесс называется «сульфатным», а в зарубежной – *крафт*-процессом (*kraft* – прочность) [8], [12], [16], [18].

В зависимости от состава варочного раствора, который называют *белым щелоком*, различают следующие способы щелочных варок:

- натронный – раствор NaOH;
- сульфатный – смесь NaOH + Na<sub>2</sub>S;
- полисульфидный – смесь NaOH + Na<sub>2</sub>S + Na<sub>2</sub>S<sub>(x)</sub>.

При производстве сульфатной целлюлозы имеют место стадии, свойственные сульфитным способам, но существуют и отличия, заключающиеся в полной регенерации щелоков (рис. 2.8).

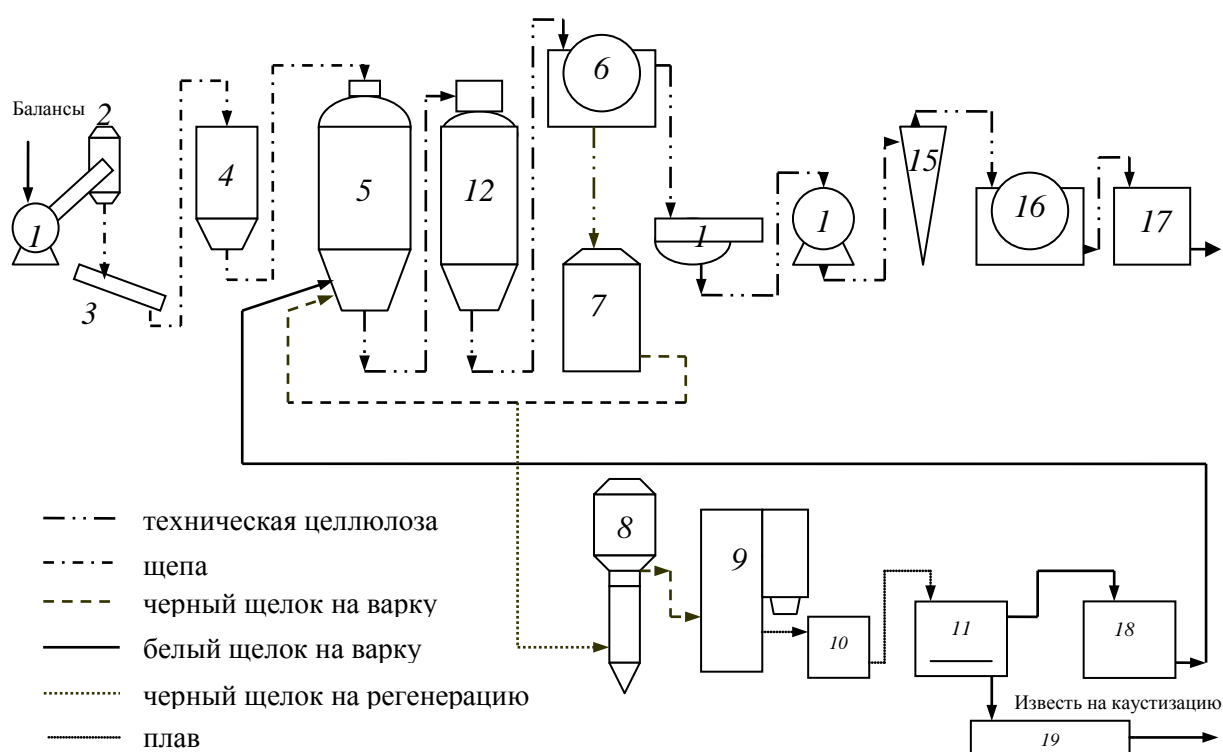


Рис. 2.8. Схема сульфатного производства:

1 – рубительная машина; 2 – циклон; 3 – вибросортировка; 4 – бункер для щепы; 5 – варочный котел; 6 – промывной фильтр для целлюлозы; 7 – сборник щелока; 8 – выпарной аппарат; 9 – содорегенерационный котлоагрегат; 10 – растворитель плава; 11 – каустизатор; 12 – выдувной резервуар; 13 – промывной фильтр; 14 – сортировка; 15 – центриклинер; 16 – сгуститель; 17 – бассейн целлюлозы; 18 – сборник белого щелока; 19 – известерегенерационная печь

Сульфатное производство включает в себя следующие стадии:

- 1) подготовка древесины (очистка от коры, распиловка, рубка в щепу, сортирование);
- 2) приготовление варочного (белого) щелока в виде раствора NaOH для натронной варки, и NaOH + Na<sub>2</sub>S для сульфатной варки;
- 3) варка щепы с раствором химических реагентов в котлах периодического или непрерывного действия под давлением 0,5...1,2 МПа при температуре 150...170 °С;
- 4) отделение целлюлозной массы от отработанного (*черного*) щелока, промывка, сортирование;
- 5) очистка целлюлозной массы от непровара, костры и минеральных загрязнений;
- 6) отбелка и облагораживание целлюлозы;
- 7) обезвоживание и сушка целлюлозы.
8. Переработка щелока, регенерация химикатов и утилизация органических веществ.

При сульфатном способе получается прочная целлюлоза, которая используется для получения технических видов бумаг и картона, где требуется высокая прочность. Отбеливается сульфатная целлюлоза труднее, с большим количеством ступеней.

## 2.1.6. Получение механической (древесной) массы

К механической (древесной) массе относятся волокнистые полуфабрикаты высокого выхода (85...98 %), получаемые путем механической обработки древесного сырья при высоком удельном расходе энергии, как правило, свыше 1200 кВт·ч/т.

Механические массы подразделяется на два типа (рис. 2.9) [11], [19], [20].

К **«чисто» механическим видам** механической массы, получаемой без использования химических реагентов и имеющих выход 93...98 %, относятся:

- ДДМ – дефибрерная древесная масса с выходом 93...98 %, получаемая истиранием древесины на дефибрерных камнях дефибреров различных типов: цепных, прессовых, винтовых и др.;
- ДДМД – механическая масса, получаемая истиранием древесины на дефибрерных камнях под давлением;
- РММ – рафинёрная механическая масса, полуфабрикат, получаемый в результате механической обработки щепы в дисковых мельницах при атмосферном давлении;

– ТММ – термомеханическая масса, получаемая в результате термогидролитической обработки (пропарки) ( $P = 100...300$  кПа;  $T = 100...130$  °С) и размола щепы в 1...3 ступени на дисковых мельницах; размол под давлением.

**Химико-механическая масса (ХММ)** включает в себя различные виды химико-механической массы, получаемой с применением химических реагентов. Механическая переработка древесного сырья (размол) – основная операция в процессе производства.

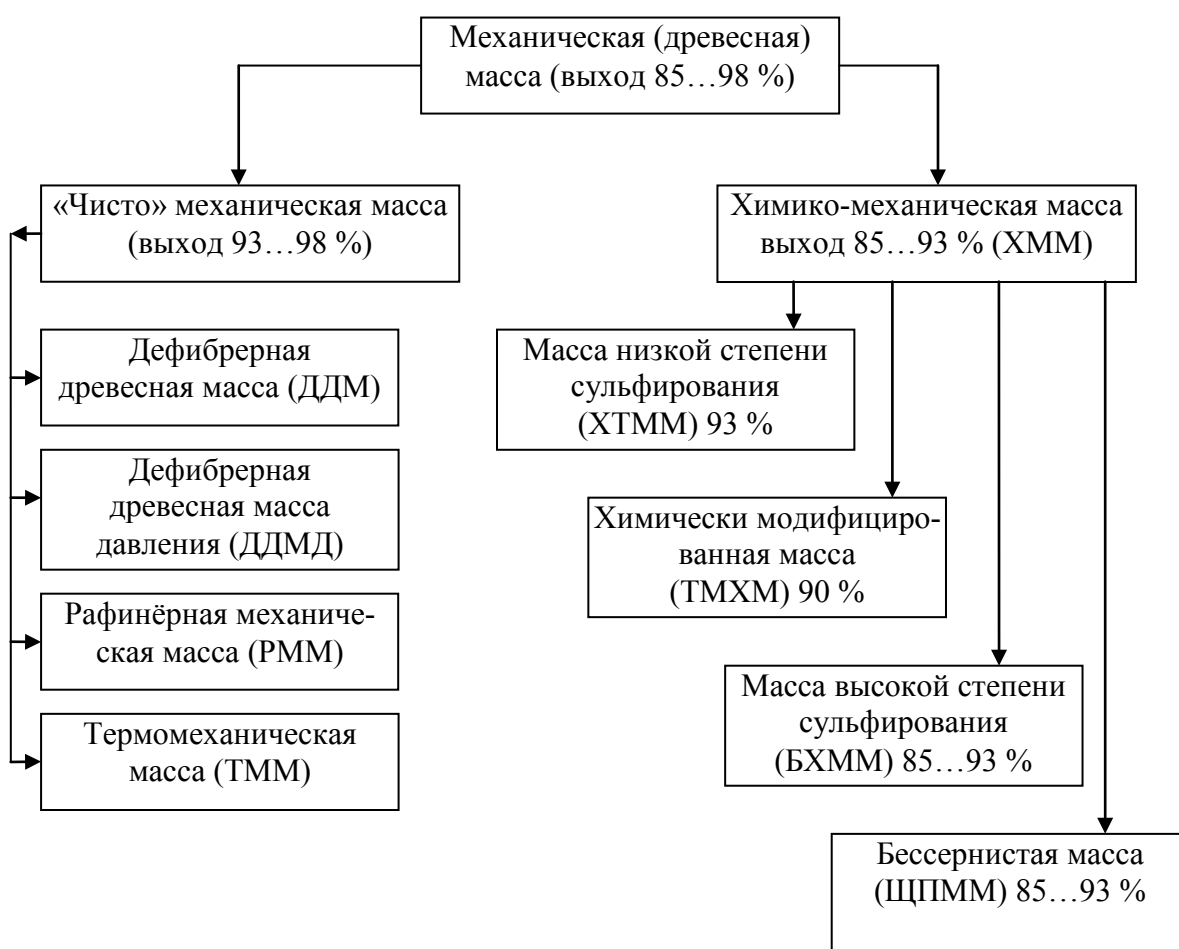


Рис. 2.9. Классификация механических (древесных) масс

Химико-механическая масса подразделяется на четыре вида:

1) масса, получаемая путем легкой обработки щепы химическими реагентами (до 10 % к массе а. с. древесины). ХТММ – химико-термомеханическая масса, получаемая путем совместной химической и термогидролитической обработки и размола щепы в две ступени под давлением;

2) химически модифицированная масса, к которой относятся полуфабрикаты или их отдельные фракции, подвергнутые обработке химическими реагентами. ТМХМ – термомеханохимическая масса, при получении которой химические реагенты добавляются после 1-й ступени размола под давлением, в процессе размола или после размола;

3) химико-механическая масса высокой степени сульфирования, получаемая путем интенсивной обработки щепы химическими реагентами (при расходе 10...15 % и выше). БХММ – бисульфитная химико-механическая масса, при получении которой размол осуществляется при атмосферном давлении в две ступени; удельный расход электроэнергии, как правило, выше 1000 кВт·ч/т;

4) бессернистая химико-механическая масса, получаемая бессернистым способом. ЩПММ – щелочная пероксидная механическая масса. Этот полуфабрикат получают путем одно-, двух- или трехступенчатой обработки щепы щелочным раствором пероксида водорода и размола. В качестве древесного сырья может быть использована щепа древесины лиственных или хвойных пород, а также их смесь.

### Показатели качества механической массы

Механические массы находят применение в композиции различных видов бумаги и картона, которые эксплуатируются в самых разнообразных условиях. Поэтому эти полуфабрикаты должны отвечать требованиям, предъявляемым для конкретного вида бумажной продукции. К показателям качества механических масс относят фракционный состав, степень помола, объемный вес (плотность) и удельный объем (пухлость), механическую прочность, белизну, сорность.

**Фракционный состав.** Механические древесные массы отличаются гетерогенным фракционным составом. Он определяется средней длиной волокон, соотношением длиноволокнистой и коротковолокнистой фракций и свойствами элементов каждой фракции (их тонкостью, степенью фибриллирования). Фракционный состав древесной массы выражается в процентах.

**Степень помола** показывает способность механической массы к обезвоживанию и является важнейшим показателем, определяющим поведение механической массы на сетке бумагоделательной машины. Степень помола может выражаться в различных единицах; в отечественной промышленности принято выражать в градусах



Шоппер-Риглера (°ШР). Принцип определения степени помола основан на разной скорости фильтрации воды через слой волокна определенной массы, но разной плотности и структуры. Плотность и структура этого слоя зависят как от размеров волокон, так и от степени их разработки (жирности или садкости). Если масса садкая, то происходит быстрая фильтрация воды, а в случае жирной массы вода фильтруется медленно. По характеру размола различают *жирную* и *садкую* массу.

*Жирная* масса обладает высокой прочностью, она характеризуется тонкими волокнами с разработанными в виде бахромы концами, а также большим количеством тонких волокнистых элементов – фибрилл (фибриллированной мелочи).

*Садкая* грубая масса имеет низкую механическую прочность. Состоит она из неразработанных волокон, перерезанных поперек волокон и содержит небольшое количество фибрилл. Такая масса характеризуется повышенной толщиной различных волокнистых фракций. В садкой массе, как и в жирной, может быть большое количество мелких волокон, но в отличие от мелочи жирной массы они представляют собой короткие толстые обрезки волокон, не способные к взаимному сцеплению. Бумага из такой механической массы получается рыхлая и непрочная, с малой объемной массой. Весьма садкой массой низкой прочности являются отходы сортирования механической массы.

**Объемный вес** (плотность) и **удельный объем** (пухлость) характеризуют способность волокон полуфабрикатов к уплотнению во влажном состоянии.

**Механическая прочность.** Для определения механической прочности изготавливаются отливки массой  $100 \text{ г/м}^2$ . После кондиционирования до равновесного состояния при 65 % относительной влажности воздуха отливки испытывают по показателям: сопротивление разрыву (кгс) с пересчетом на разрывную длину (м); сопротивление продавливанию, кПа (кгс/см<sup>2</sup>); изгиб (число изгибов полоски бумаги на 90°).

**Белизна.** Недостатками древесной массы являются небольшая прочность и невысокая белизна, изменяющаяся и желтеющая со временем. Газетная бумага, которая в своей композиции содержит более 75 % механической массы, на свету быстро желтеет. Это связано с окислением хромофорных групп лигнина, который не удаляется при получении механической массы, а остается в ней, сохраняя выход.

**Сорность.** Высокая сорность механической массы обусловлена присутствием *костры* и нерасщепленных пучков волокон, которые отрываются от древесины во время дефибрирования (рис. 2.10).

Механическая масса используется в композиции при производстве газетной, мелованной и немелованной, с содержанием механической массы, книжно-журнальной бумаги для недорогих журналов, каталогов и др.

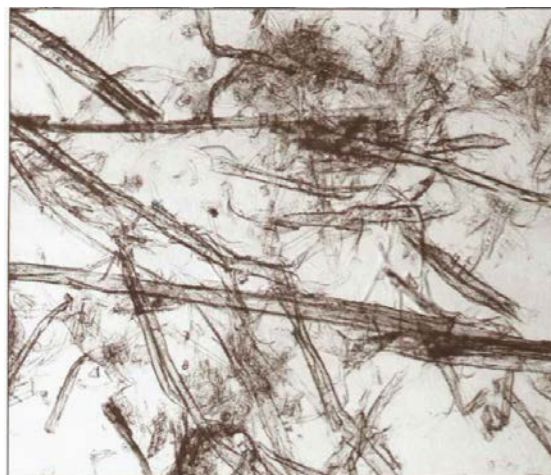


Рис. 2.10. Волокна механической массы из балансов (увеличение  $\times 110$ )

## Получение механической массы из балансов

Процесс дефибрирования заключается в расщеплении древесной ткани зернистой поверхностью вращающегося камня (рис. 2.11). Для дефибрирования более пригоден баланс из *свежесрубленной, ровностволевой древесины среднего возраста, среднего диаметра с равномерным строением годовичных колец*.

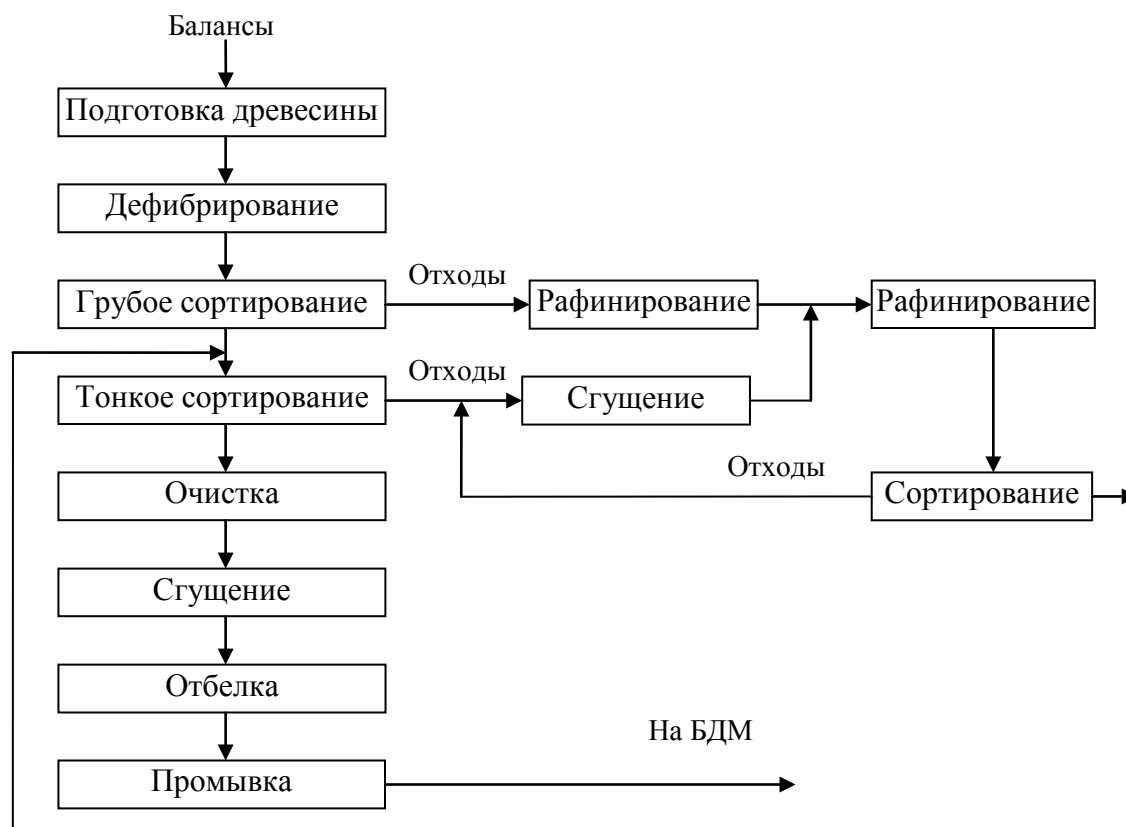


Рис. 2.11. Принципиальная схема производства дефибрерной древесной массы

Окоренные балансы поступают в дефибрерный отдел, где они загружаются в шахту или прессовую коробку дефибрера и прижимаются к быстро вращающемуся дефибрерному камню, орошаемому водой. Тепло, образующееся при трении древесины о камень, способствует отделению волокон от древесины. Полученная волокнистая масса смывается водой из sprays с поверхности камня в ванну дефибрера, откуда поступает на сортирование.

Полученная на дефибрерах масса содержит большое количество щепок, лучинок, неразработанных пучков волокон, песка, от которых ее необходимо отсортировать. Сортирование массы может быть тонким и грубым.

Для *грубого сортирования*, при котором отделяются крупные включения (щепа, осколки, лучины), применяются щеполовки. После щеполовок масса направляется на тонкое сортирование. Основная задача *тонкого сортирования* – удаление костры и пучков волокон. Тонкое сортирование может быть одно-, двух- или трехступенчатое.

После тонкого сортирования масса центробежным насосом подается для дополнительной очистки от песка и других минеральных включений на гидроциклонные установки (двух- или трехступенчатые). Очищенная масса направляется на сгустители, а затем в бассейн сгущенной массы. Отходы гидроциклонной установки содержат большое количество песка и обычно направляются в сток.

С целью более эффективного использования древесного сырья в схемах производства древесной массы предусматривается переработка отходов сортирования с использованием их в основном потоке.

Основные достоинства дефибрерной древесной массы как полуфабриката бумажного и картонного производства – низкая стоимость, минимальное загрязнение воздушного и водного бассейнов, положительное влияние на ряд потребительских свойств вырабатываемой бумаги, прежде всего на печатные свойства.

Основные недостатки дефибрерной древесной массы и производственные трудности – высокие требования к качеству древесного сырья и связанная с этим ограниченность сырьевой базы, сравнительно низкий уровень механизации и автоматизации производства, низкие прочностные свойства полуфабриката.

К древесине для дефибрирования предъявляют более высокие требования, чем к древесине, предназначенной для производства целлюлозы. Качество древесной массы, получаемой путем непосредственного диспергирования древесной ткани на отдельные волокнистые элементы, зависит от качества исходной древесины: породы,

плотности, влажности, возраста, свойств волокон, твердости, формы и размеров баланса и других физико-механических свойств.

Основными породами для выработки дефибрерной древесной массы являются ель, пихта, сосна, кедр, осина, тополь.

**Конструкции дефибреров.** Дефибрерный камень – основной рабочий орган дефибрера. Дефибрерный камень состоит из армированного бетонного сердечника, насаженного на вал дефибрера, и наружного рабочего слоя. В мировой практике промышленное применение находят следующие типы дефибреров:

– *периодического действия* с гидравлической подачей древесины к камню (трех-, четырехпрессовые, магазинные – шахтные с двумя прессами, современные двухпрессовые дефибреры типа Грейт-Норзерн) – рис. 2.12;

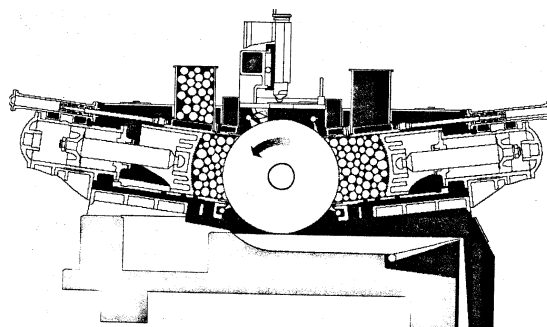


Рис. 2.12. Прессовый дефибрер

– *непрерывного действия* с механической подачей древесины к камню: кольцевые и цепные (рис. 2.13).

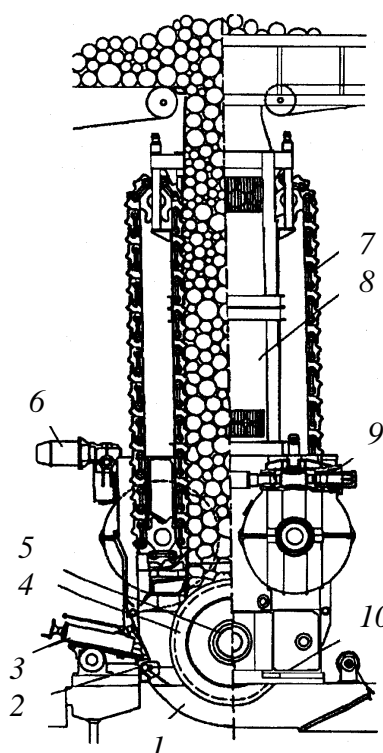


Рис. 2.13. Дефибрер цепной:

- 1 – ванна;
- 2 – спрысковая труба;
- 3 – ковочный аппарат;
- 4 – дефибрерный камень;
- 5 – главный вал;
- 6 – электродвигатель привода цепей дефибрера;
- 7 – цепь дефибрера;
- 8 – шахта;
- 9 – механизм подъема шахты;
- 10 – станина

## Получение механической массы из щепы

Размол щепы в дисковых мельницах позволяет упростить конструкцию и эксплуатацию оборудования и снизить требования к качеству сырья, так как щепа, в отличие от балансов, может быть легко и просто подвергнута тепловой и химической обработке перед дефибрированием.

При получении механических масс из щепы волокна отделяются друг от друга в процессе *рафинирования* (размола), целью которого является пластификация лигнина, ослабление межволоконных связей и разволокнение щепы без чрезмерного повреждения клеточной стенки волокон при требуемой степени их укорочения. В результате рафинёрная механическая масса содержит меньше костры и больше отдельных разделенных волокон, чем древесная масса.

Рафинёрная механическая масса прочнее, чем дефибрерная древесная масса. Это позволяет увеличить ее долю в композиции бумаги вместо технической целлюлозы. Важным является сохранение основной части лигнина для получения массы высокого выхода с приемлемыми качественными характеристиками (прочностью и белизной). Основные стадии производства механической массы из щепы представлены на рис. 2.14.

В процессе получения механических масс щепа подвергается размолу между стальными дисками рафинера. В зависимости от необходимого качества массы размол проводят в одну, две, а иногда даже в три ступени. Ножи дисков, воздействующие на щепу, размельчают ее до отдельных волокон, пучков волокон, частиц древесины (рис. 2.15).

**Конструкция размалывающей гарнитуры.** Используемая в настоящее время размалывающая гарнитура состоит из секторов, имеющих принципиально одинаковую конструкцию. В зависимости от диаметра дисков комплект гарнитуры состоит из 6, 8 или 12 секторов. На рабочей поверхности расположены рифления (ножи), получаемые чаще всего литьем. Каждый сектор имеет три зоны (рис. 2.16):

- зона дефибрирования, или первичного измельчения;
- промежуточная зона (зона грубого размола);
- зона рафинирования (наружная зона тонкого размола. Чем больше ширина этой зоны, тем выше качество массы).

Каждая зона размалывающего сектора состоит из ножей различных конфигураций. Чем меньше расстояние между ножами, тем качественнее размол, сопровождающийся увеличением доли длинноволокнистой фракции.

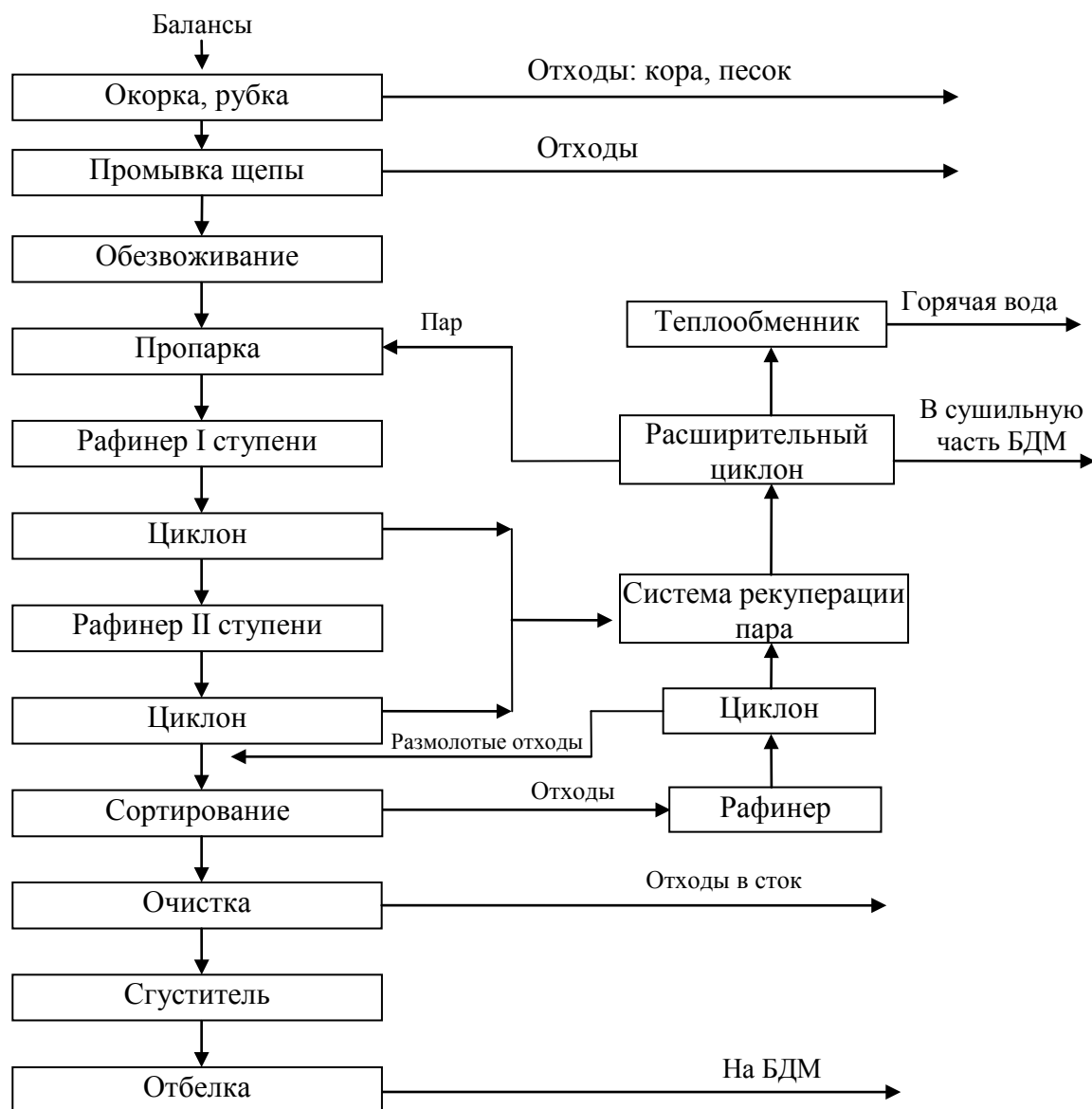


Рис. 2.14. Принципиальная схема производства механической массы из щепы

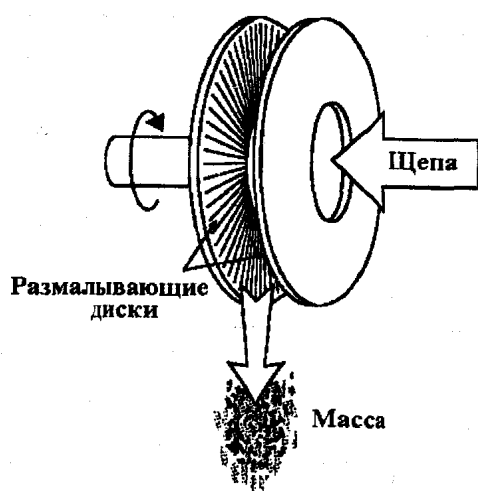


Рис. 2.15. Принципиальная схема размола щепы

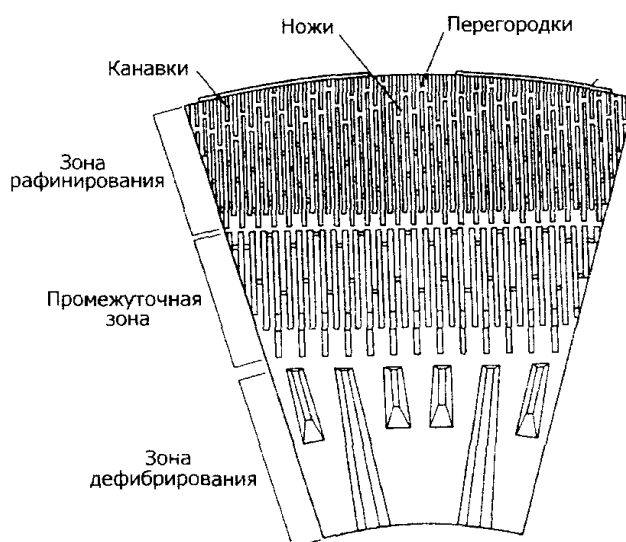


Рис. 2.16. Конструкция гарнитуры дисковых мельниц

Основные преимущества производства и применения механических масс из щепы перед дефибрерной древесной массой:

- более высокие прочностные свойства позволяют увеличить долю механической массы и снизить или вообще исключить содержание целлюлозы в композиции бумаги и картона;

- менее жесткие требования к качеству сырья дают возможность перерабатывать низкосортную древесину и отходы лесопиления и деревообработки;

- из-за высокой производительности и компактности оборудования уменьшаются габаритные размеры производственных помещений и связанные с этим капитальные вложения и эксплуатационные расходы;

- технологический процесс отличается высокой степенью механизации и автоматизации.

Главные недостатки производства механической массы из щепы:

- более высокий удельный расход энергии;

- образование загрязненных химическими соединениями сточных вод, нуждающихся в очистке (при выработке ХТММ).

Добавление механической массы из щепы в композицию при производстве бумаги позволяет повысить непрозрачность готовой бумаги. Применение ТММ улучшает печатные свойства газет, мелованной, книжно-журнальной бумаги. ХТММ обладает более высокой белизной и реверсией белизны, что позволяет значительно увеличить ее долю в композиции бумаги.

## **2.1.7. Отбелка и облагораживание волокнистых полуфабрикатов**

В настоящее время свыше половины всего количества вырабатываемой в мире целлюлозы выпускается в беленом виде. Беленая целлюлоза находит применение в композиции многочисленных белых видов бумаги и картона, а также в качестве исходного продукта для химической переработки на искусственное волокно, пленки, пластики и др. Беленая целлюлоза для производства некоторых специальных видов бумаги, картона и целлюлоза для химической переработки (кроме отбелки) подвергаются облагораживанию путем обработки горячим или холодным раствором щелочи для достижения необходимых физико-химических характеристик.

Вырабатываемые волокнистые полуфабрикаты имеют низкую белизну, оцениваемую сравнением их белизны с эталоном – сульфатом



бария ( $\text{BaSO}_4$ ), белизна которого принята за 100 %. Так, белизна небеленых целлюлоз колеблется в пределах 20...65 % и для сульфатной целлюлозы (цвет коричневый) составляет 23...28 %, а для сульфитной (цвет серый) 60...70 %. Полуфабрикаты с такой белизной непригодны для химической переработки и производства белой бумаги. Назначением процесса отбелики является придание волокнистому полуфабрикату высокой и стабильной белизны.

Темную окраску небеленых полуфабрикатов обуславливает содержащийся в стенках волокон лигнин, вернее, его хромофорные группы, образующиеся как результат сложных структурно-химических превращений лигнина в процессе варки целлюлозы или термо-механохимических воздействий при размоле и дефибрировании древесины. Смолы, таниды и другие вещества, содержащиеся в небеленой целлюлозе, также понижают белизну.

Отбелику полуфабрикатов осуществляют двумя методами:

- обесцвечиванием хромофорных групп лигнина;
- удалением лигнина из волокон.

В первом случае отбелика целлюлозы достигается обесцвечиванием окрашивающих целлюлозу веществ. Такая отбелика носит название *оптической*. Она используется для отбелики полуфабрикатов высокого выхода – полуцеллюлозы и древесной массы. Во втором случае отбелика осуществляется за счет удаления окрашивающих веществ, главным образом лигнина, который для этого должен быть переведен в растворимое состояние. При этом удаляется лигнин, глубоко залегающий во внутренних слоях между пучками целлюлозных макромолекул, удалить который при варке без разрушения целлюлозы невозможно. В беленой целлюлозе обнаруживаются лишь следы лигнина.

По существу происходящих процессов отбелику часто рассматривают как продолжение варки. Основное отличие состоит в проведении процесса делигнификации в более мягких условиях, чем при варке, и применении избирательных белящих реагентов.

Способы отбелики разные:

- с использованием хлора и его соединений;
- без использования молекулярного хлора (ECF);
- без использования хлора и его соединений (TCF).

До настоящего времени основными отбеливающими реагентами являются хлор и его соединения (гипохлориты, диоксид хлора). Это объясняется высоким избирательным разрушающим действием хлора на лигнин и другие окрашивающие вещества, которые хлор переводит в легкоудаляемые соединения последующим растворением щелочью

или водой. При этом способе отбели cellulоза практически не разрушается.

В качестве перспективных и экологически малоопасных отбеливающих реагентов используют пероксид водорода ( $H_2O_2$ ), кислород ( $O_2$ ), озон ( $O_3$ ).

Современные схемы отбели делятся на две стадии: делигнификацию, которую можно рассматривать как продолжение варки, и собственно отбелку (добелку).

Для различных способов отбели и добелки используют следующие процессы и химические реагенты:

- хлорирование – газ  $Cl_2$ , хлорная вода;
- щелочение – водный раствор гидроксида натрия;
- гипохлоритная обработка – раствор гипохлорита натрия, кальция  $NaOCl$ ;
- диоксид хлора – газ или раствор  $ClO_2$ ;
- пероксид водорода – водный раствор;
- горячее облагораживание – водный раствор гидроксида натрия горячий;
- холодное облагораживание – водный раствор гидроксида натрия холодный;
- кислородно-щелочная отбелка – кислород в виде газа, раствор гидроксида натрия;
- озонирование – озон в виде газа;
- отбелка кислородом – кислород в виде газа;
- пероксикислоты – водные растворы пероксиуксусной или пероксимуравьиной кислоты;
- кисловка – водный раствор  $SO_2$  либо слабые растворы органических или минеральных кислот;
- обработка комплексонами (хелатами) – растворы трилон Б, ЭДТА, НТФ, ИОМС;
- обработка биологическими агентами (ферментами, энзимами) – белые гниlostные грибы, ферменты.

Современная отбелка cellulозы представляет собой многоступенчатый технологический процесс, при котором на каждой отдельной стадии (ступени) для обработки cellulозы используются различные отбельные реагенты, специфически проявляющие свое действие. Между отдельными ступенями отбели проводятся промывка cellulозы водой для удаления из массы отработанных отбельных растворов и последующее смешение cellulозной массы с другими, свежими реагентами.

Типовой аппаратурой для проведения отдельных ступеней отбелики являются вертикальные отбельные башни непрерывного действия, через которые масса при концентрации от 3 до 18 % проходит сверху вниз или снизу вверх. Число ступеней отбелики в общей схеме колеблется от 3 до 10.

Для промывки используются барабанные фильтры различных конструкций, а также диффузоры непрерывного действия.

## **2.2. Технология изготовления бумаги**

### **2.2.1. Типовая технологическая схема**

Бумагой и картоном называют материалы, изготовленные преимущественно из специально обработанных растительных волокон, связанных между собой силами поверхностного сцепления в листовую форму. В России листовые материалы, имеющие массу  $1 \text{ м}^2$  до 250 г, относят к бумаге, а материалы, масса  $1 \text{ м}^2$  которых превышает 250 г, – к картону, хотя эта граница весьма условна [21] – [23].

Типовая технологическая схема включает в себя стадию подготовки бумажной массы к отливу, отлив на бумагоделательной машине и отделку полученной бумаги (рис. 2.17).

Одной из важнейших технологических операций этого производства является размол, перед которым сухие (товарные) волокнистые полуфабрикаты предварительно распускаются водой в гидроразбивателях, далее они смешиваются в определенном соотношении в регуляторах композиции. Затем бумажная масса может сразу направляться на отлив, или же в ее композицию (в зависимости от назначения бумаги) дополнительно вводят проклеивающие вещества, наполнители, красители и др. Для осаждения на волокнах добавляемых компонентов применяют сернокислый алюминий, полиакриламид или другие добавки.

Подготовленную бумажную массу регулируют по концентрации, аккумулируют в массных или машинных бассейнах. Перед подачей бумажной массы на бумаго- или картоноделательную машину ее разбавляют оборотной водой, очищают от узелков и посторонних включений и подают через специальные потокораспределители в напорное устройство и далее – на формующее устройство машины. Последнее состоит из одной или нескольких движущихся бесконечных сеток или вращающихся перфорированных цилиндров, обтянутых сеткой, где происходит удаление основной части воды и формование (или отлив)

необходимой структуры бумажного или картонного полотна, которое далее в других частях машины подвергается прессованию, сушке, охлаждению, машинной отделке и намотке. В зависимости от требований к готовой продукции она может подвергаться дополнительному каландрированию на суперкаландре.

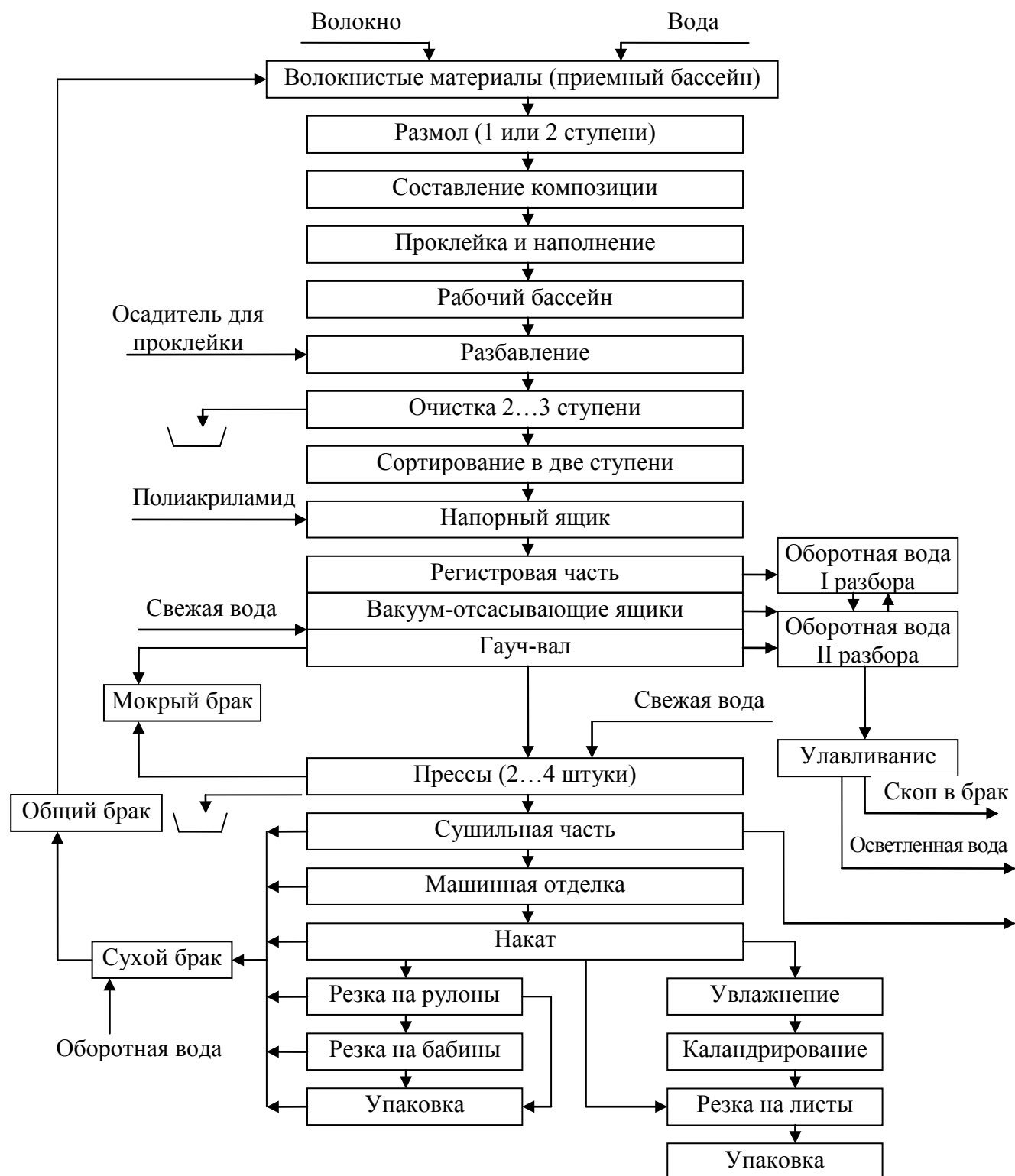


Рис. 2.17. Принципиальная технологическая схема производства бумаги

Готовую бумагу и картон разрезают на рулоны заданного формата, упаковывают и направляют на склад готовой продукции. В случае необходимости бумага и картон могут дополнительно разрезаться на бобины или листы. Они могут подвергаться мелованию, тиснению, гофрированию, крепированию и другой отделке.

Бумажный и картонный брак (мокрый и сухой), образующийся в процессе производства, снова превращается в бумажную массу и в строгой дозировке опять возвращается в технологический процесс.

Отходящие от машины оборотные воды, содержащие большое количество волокна, а также проклеивающие вещества, наполнители и другие ценные компоненты, вводимые в бумажную массу, используются для разбавления массы перед очисткой, роспуска сухих полуфабрикатов и оборотного брака. Избыточные воды направляются перед выпуском в сток на улавливание волокна, которое также может быть использовано в производстве.

Производство бумаги в общих чертах мало отличается от производства картона, поэтому между понятиями бумаги и картона не существует четкого различия. Условно принято считать, что картоном называется материал, имеющий массу  $1 \text{ м}^2$  более 250 г и толщину более 0,5 мм. Разница заключается в том, что картон во многих случаях вырабатывается в виде многослойного композиционного материала, и тогда часто для его внутренних слоев применяются менее дефицитные волокнистые материалы, чем для наружных. По этой причине иногда приходится разделять потоки оборотных вод картоноделательной машины, подразделяя их на воды для поверхностного слоя из беленых полуфабрикатов и для внутренних слоев из макулатурной массы и небеленых полуфабрикатов. Если белизна наружного слоя картона не нормируется, то оборотные воды могут направляться общим потоком для всех слоев.

### 2.2.2. Подготовка и размол бумажной массы

Волокна для изготовления бумаги, произведенные целлюлозными фабриками, – это только часть подготовки к производству бумаги. В таком виде волокна будут пригодны только для производства бумаги, имеющей низкую прочность, неконтролируемую текстуру и беспорядочное, неравномерное формирование. Перед началом изготовления бумаги волокна должны подвергаться размолу, смешению с неволокнистыми компонентами в нужных пропорциях, очистке. Комплекс этих операций называется *подготовкой бумажной массы*.

На бумажные комбинаты волокнистые полуфабрикаты могут подаваться в обезвоженном виде (товарная целлюлоза или механическая масса) или жидким потоком по трубопроводам из соседнего цеха. Товарные волокнистые полуфабрикаты предварительно распускают в гидроразбивателе, а полуфабрикаты жидкого потока доводят до необходимой концентрации и перекачивают в приемный бассейн.

Следующим этапом подготовки бумажной массы является *размол*. Первым механическим рафинёром был *ролл*, который до сих пор используется на небольших фабриках как начальный этап размола. Ролл состоит из овального определенной формы резервуара со скругленными углами, оснащенного барабаном с установленными металлическими планками. Этот барабан вращается над опорной плитой, имеющей ряды одинаковых металлических планок (рис. 2.18).

*Массный размол* – это воздействие на волокна, находящиеся между подвижными и неподвижными планками, в присутствии воды.

В процессе размола волокна фибриллируются, разрезаются, раздавливаются и укорачиваются, на их поверхности появляются волоски или фибриллы, напоминающие ворс на бархате. Волокна становятся набухшими и размягченными, а площадь их поверхности возрастает для лучшего контакта (волокно – к волокну) и установления связей в процессе изготовления бумаги.

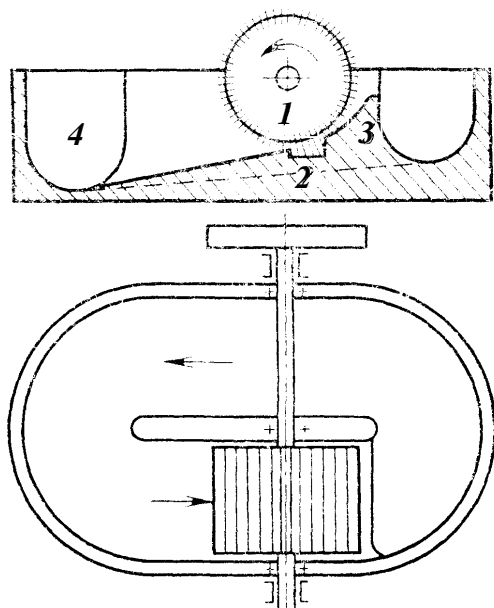


Рис. 2.18. Ролл (поперечное сечение и вид сверху):

- 1 – ролльный барабан (с регулируемой присадкой барабана);
- 2 – ножевая планка;
- 3 – горка;
- 4 – ванна ролла

На микрофотографиях волокнистой массы до и после размола видны физические изменения волокон, подвергшихся размолу (рис. 2.19).

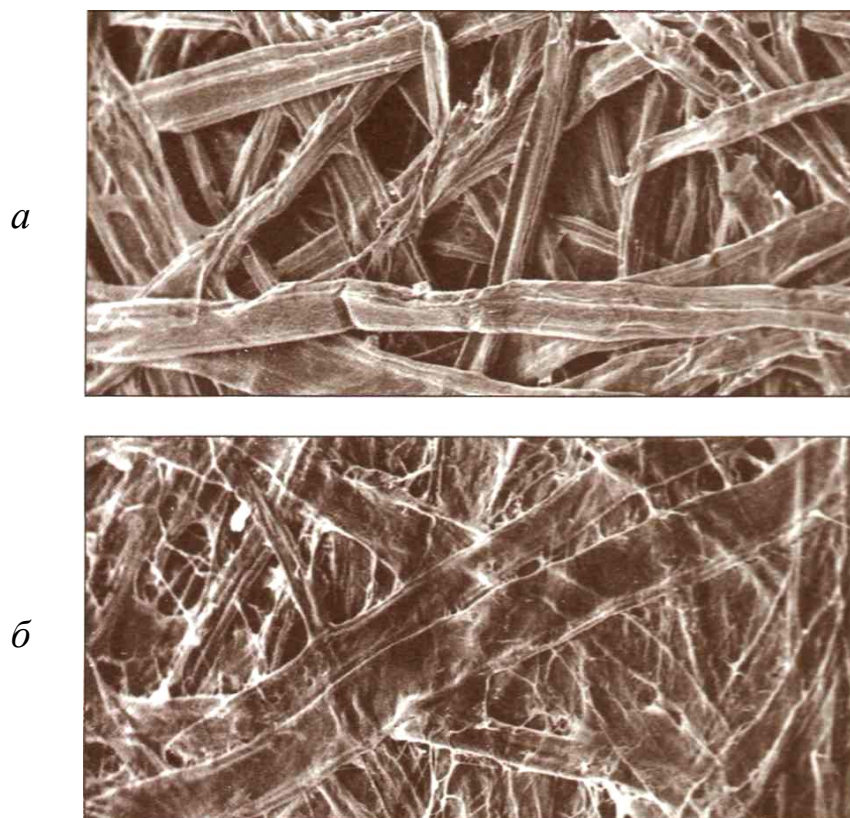


Рис. 2.19. Микрофотографии волокнистой массы из хвойной древесины до (а) и после (б) размола (масштаб 1:160)

Следующий тип массового размола – *дополнительный размол*. Он может быть завершающим и осуществляется в конических мельницах, например в мельнице Жордана (рис. 2.20).

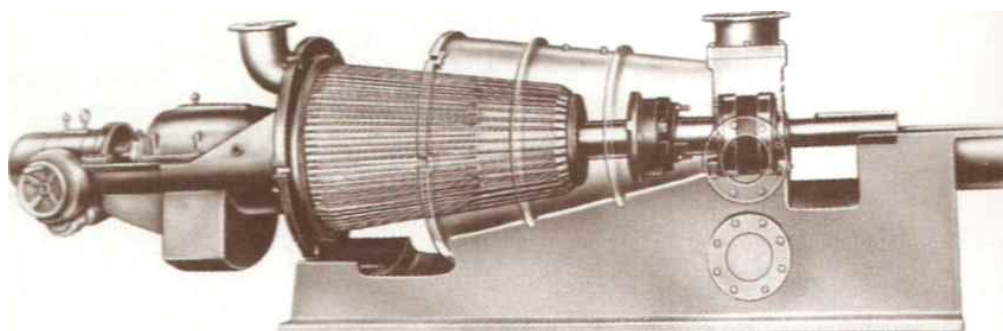


Рис. 2.20. Внешний вид конической мельницы Жордана

*Коническая мельница Жордана* состоит из конического ротора, или конуса, оснащенного продольными металлическими планками, вращающимися на горизонтальном валу, и окруженного коническим кожухом, также оснащенным продольными планками. Волокна размалываются, проходя между размольными планками на вращающемся конусе и неподвижными планками на кожухе.



На современных целлюлозно-бумажных комбинатах массные роллы вытеснены *рафинёрами*, которые могут быть *дисковыми*, *коническими* и *цилиндрическими*, работающими непрерывно.

*Дисковые* (рис. 2.21) и *конические рафинёры* (рис. 2.22) имеют два вертикальных диска или конуса с выфрезерованными канавками, глубина которых снижается от центра к краям. Один диск может вращаться, в то время как второй неподвижен, или каждый диск может вращаться в противоположных друг другу направлениях.

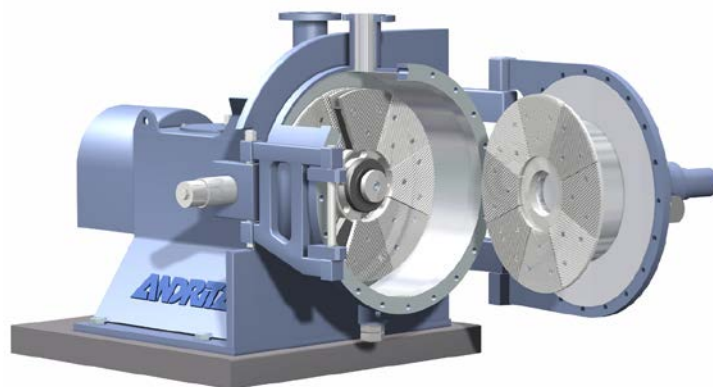


Рис. 2.21. Внешний вид дискового рафинёра

Волокна бумаги вводятся в центральное отверстие одного из дисков и вытесняются на периферию диска центробежными силами. Зазор между дисками регулируется, чтобы добиться нужной степени помола. Размол заключается в комбинации растирания, раздавливания, расщепления и подрезки волокон. Во время продвижения волокон от центра диска к периферии волокна размалываются за счет многочисленных столкновений между рельефными поверхностями вращающегося и неподвижного дисков. Степень и тип помола в дисковых рафинёрах могут варьироваться за счет конфигурации размалывающих поверхностей.

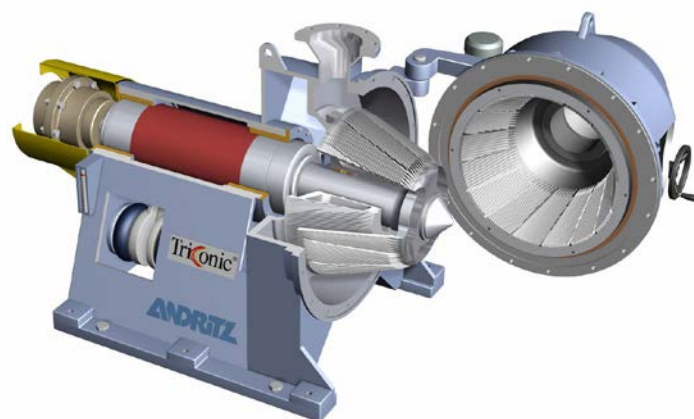


Рис. 2.22. Внешний вид конического рафинёра TriConic

По существу, имеется два типа систем подготовки бумажной массы. Одна – более старая, ванная система, которая использует комбинацию массного ролла и конической мельницы (см. рис. 2.18 и 2.20). Другая, более новая, непрерывная система, используемая крупнотоннажными фабриками, состоит из дискового рафинёра и следующих за ним конических мельниц. Современной разновидностью массного ролла можно назвать *цилиндрический рафинёр* (рис. 2.23).

При непрерывной подготовке бумажной массы контроль за процессом размола и использования добавок осуществляется в режиме on-line.

Различные типы волокнистой массы избирательно размалываются, чтобы оптимизировать их индивидуальные свойства для бумажного производства и смешивать их в желаемом отношении.

Размолотые волокна непрерывно и автоматически смешиваются с различными добавками, такими, как внутренняя проклейка, красители и пигменты, а также наполнители, в нужном для композиции бумаги соотношении.

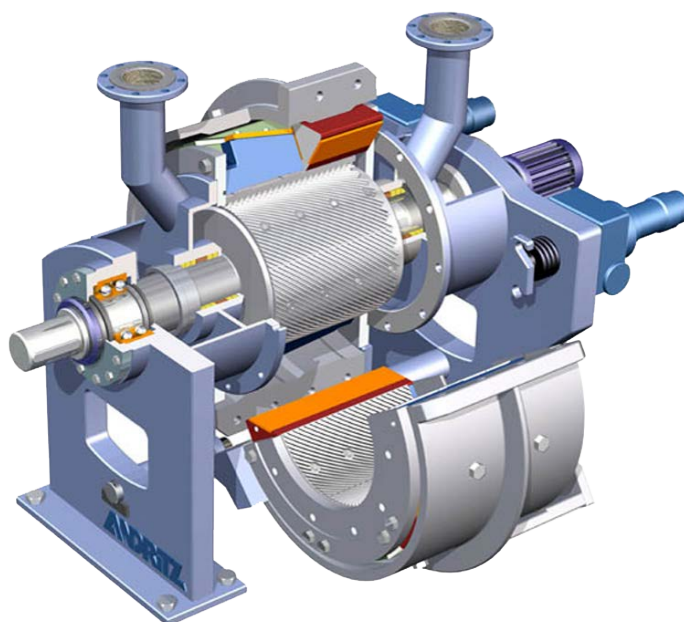


Рис. 2.23. Внешний вид цилиндрического рафинёра Papillon

### 2.2.3. Наполнение бумажной массы

Большинство бумаг содержат материалы, так называемые *наполнители*, которые вводятся, чтобы придать определенные свойства выпускаемой бумаге. Наполнителями могут быть тонко диспергированные относительно нерастворимые неорганические материалы или

минералы. Наиболее распространены глина, диоксид титана и карбонат кальция, которые объединяются в композицию в процессе изготовления бумаги до формирования листа.

Назначение наполнителей – изменять такие характеристики готовой бумаги, как непрозрачность, яркость, печатные свойства, текстура, вес. Наполнители также используются для того, чтобы придать мягкость, снизить объемность, увеличить гладкость, сделать бумагу более равномерно воспринимающей печатную краску и придать большую размерную стабильность. Главными причинами для введения наполнителей в печатную бумагу являются повышение непрозрачности и яркости, снижение пробивания краски, а также уменьшение жесткости волокон.

Наполнители для бумажного производства должны обладать высокой яркостью, хорошими светорассеивающими свойствами для повышения непрозрачности, отсутствием абразивности и химической инертностью. В качестве наполнителей используют глину, диоксид титана, карбонат кальция, гидроокись алюминия, тальк, сульфат кальция, сульфат бария, натуральные или синтетические силикаты или силикатные пигменты и цинковые пигменты.

Процентное содержание наполнителей в печатных и писчих бумагах обычно изменяется в пределах от 5 до 30 % от полного веса бумаги. Для некоторых бумаг это содержание меньше или наполнители вообще не используются.

Для того чтобы добиться определенного результата, при изготовлении бумаги в дополнение к наполнителям в композицию могут добавляться другие неволокнистые материалы. Для внутренней проклейки (проклейка в массе) используются канифоль и квасцы. Синтетические проклеивающие материалы применяются для бумаг со щелочной проклейкой. Добавки, подобные крахмалу, камеди и синтетическим полимерам, используются для улучшения адгезии, прочности в сухом состоянии и удерживания наполнителей. Специальные добавки используются для увеличения прочности бумаги во влажном состоянии. Красители и цветные пигменты вводятся для подцветки белой бумаги и производства цветных бумаг. Оптические отбеливатели (красители) используются для повышения яркости белых бумаг.

Комбинация волокнистых и неволокнистых компонентов в бумажном производстве называется *композицией*. *Композиция бумаги* (картона) – вид и соотношение волокнистых и неволокнистых компонентов бумаги (картона).

Минеральные наполнители вводятся в бумагу:

- для удешевления бумаги. Так как обычно цена минеральных наполнителей ниже цены волокнистых полуфабрикатов, замена известного количества растительных волокон минеральным наполнителем представляет экономический интерес;

- для повышения белизны бумаги. Белизна применяемых в бумажной промышленности наполнителей большей частью выше белизны используемых волокнистых материалов;

- для придания бумаге непрозрачности, что обеспечивает возможность использования для письма и печати обеих сторон бумажного листа без опасения просвечивания текста, написанного или напечатанного на одной стороне бумаги, на другую ее сторону;

- для придания бумаге гладкости после каландрирования. Частицы наполнителя при каландрировании бумаги заполняют углубления на шероховатой поверхности листа, способствуя увеличению гладкости. Одновременно при этом происходит уплотнение листа и снижение его воздухопроницаемости;

- для улучшения печатных свойств бумаги. Наличие минерального наполнителя в бумаге делает ее просвет более равномерным, что одновременно с увеличением впитывающей способности (в том числе и типографской краски) улучшает печатные свойства бумаги;

- для увеличения пористости бумаги, воздухопроницаемости, впитывающей способности, скорости сушки, снижения деформации бумаги при намокании и уменьшения скручиваемости бумаги.

С повышением плотности наполнителя, используемого при изготовлении бумаги, увеличением его количества в бумаге и степени дисперсности наполнителя повышается плотность бумаги. Наиболее сильно она повышается и соответственно снижается толщина бумаги при использовании в качестве наполнителя цинковых пигментов, бланфикса и двуокиси титана.

С увеличением содержания в бумаге большинства видов наполнителей увеличивается ее вялость. Такая бумага, будучи положена на две опоры, обнаруживает значительную стрелу прогиба в отличие от жесткой бумаги, мало прогибающейся в промежутке между опорами. Упругие свойства бумаги от введения в нее минерального наполнителя снижаются, а пластичность увеличивается.

Большинство наполнителей снижает шум при перелистывании бумаги. Исключением является гипс, придающий бумаге звонкость и жесткость на ощупь.

Минеральный наполнитель придает бумаге и некоторые отрицательные свойства. Частицы минерального наполнителя, находясь в промежутках между растительными волокнами, препятствуют установлению между волокнами прочных связей. Поэтому бумага, содержащая минеральный наполнитель, обычно отличается пониженной механической прочностью. Особенно при этом снижается сопротивление излому. Также с увеличением содержания в бумаге минерального наполнителя увеличивается пылимость бумаги.

#### 2.2.4. Проклейка бумаги

Термин «проклейка бумаги» характеризует процесс, при котором в бумагу вводятся различные вещества, придающие ей специфические свойства в зависимости от её назначения: либо чернило- и водонепроницаемость, либо сомкнутость структуры, увеличение механической прочности и сопротивления истиранию поверхностного слоя, либо снижение деформации при увлажнении или же прочность во влажном состоянии и др. В некоторых случаях в бумагу вводятся вещества, препятствующие проникновению в нее молока, масла, различных жидкостей.

По степени проклейки бумаги делятся на три группы:

- неклеёные;
- слабоклеёные;
- сильноклеёные.

Все применяемые вещества делятся по своим свойствам на проклеивающие и связующие.

Проклеивающие (канифоль, парафин, модифицированный канифольный клей) вещества придают гидрофобность, но прочность бумаги не изменяется, а иногда даже снижается.

Связующие (крахмал, битум, крахмальный клей, карбоксиметилцеллюлоза) вещества придают не очень высокую гидрофобность, однако прочность бумаги повышается, так как они склеивают волокна бумаги.

Есть вещества, придающие бумаге *вагопрочность*. Она достигается при введении в бумажную массу после размола (до разбавления) специальной вагопрочной смолы: мочевиноформальдегидной и меламиноформальдегидной. Количество смолы достигает 5...7 % от количества сухого волокна. Эти смолы требуют применения осадителя. В качестве осадителей используют глинозем  $Al_2(SO_4)_3$ , реже – синтетические клеи.

Процесс проклейки бумаги может быть осуществлен двумя способами: либо введением проклеивающих веществ в бумажную массу, из которой изготавливается бумага, либо поверхностной обработкой соответствующими веществами готовой бумаги. Раньше для придания бумаге чернило- и водонепроницаемости пользовались крахмальным или животным клеем. Эти вещества обеспечивают склеивание растительных волокон, из которых состоит бумага. Благодаря этому силы связи между волокнами возрастают, и бумажный лист становится более прочным. Принцип придания бумаге чернило- и водонепроницаемости при поверхностной ее обработке указанными веществами заключается в том, что на поверхности бумаги образуется тонкая пленка этих веществ, препятствующая проникновению чернил или воды в толщину листа.

Благодаря склеиванию волокон и образованию на поверхности бумаги пленки бумажное полотно приобретает прочную поверхность, устойчивую к трению. От такой поверхности не отделяются волокна (бумага «не пылит»). Текст или рисунок, нанесенные на бумагу карандашом, чернилами или тушью, стираются резинкой, при этом поверхность бумаги не повреждается. Поэтому поверхностная проклейка бумаги крахмалом или животным клеем и в настоящее время широко применяется в тех случаях, когда требуется придать поверхности бумаги повышенную устойчивость к трению и увеличить механическую прочность бумаги (денежной, документной и др.).

### 2.2.5. Крашение бумаги

Различают три основных способа крашения бумаги: в массе, погружением и крашение с поверхности.

**Окраска в массе** – наиболее распространенный способ. Краску в виде раствора или дисперсий (пигменты) вводят в суспензию бумажной массы до ее формования. Обычно это осуществляют в ролле, в смесительных бассейнах или непрерывно через массоподготовительную централь.

**Крашение погружением.** При этом способе полотно бумаги пропускают через водный раствор краски, отжимают его между валами, крепируют, если это необходимо, и сушат. Такой способ применяется, главным образом, в производстве шелковой и крепированной бумаги, когда бумага находится в полусухом состоянии. Применяются ванны для погружения, крепировальные машины, клеильные прессы в сушильной части бумагоделательной машины. Метод погружения обеспечивает исключительно прочную окраску.

**Крашение с поверхности.** Растворы или дисперсию красок наносят на поверхность бумаги с помощью одного или нескольких вальцов, прижимом суконных или резиновых валиков, а также с помощью щеточных красильных машин, станков для нанесения покрытий воздушным шабером или употребляемыми в полиграфии специальными методами нанесения печати.

К окрашенным видам бумаги относятся основы для фибры и пергамента, бумага промокательная, для текстильных патронов и конусов, бутылочная, афишная, для спичечных коробок, писчая цветная, разные декоративные виды бумаги, некоторые разновидности упаковочной бумаги, конвертной, прядильной, электротехнических видов бумаги, салфеточной бумаги, бумаги для печати.

Если с помощью крашения бумаге придается определенный цвет, то для придания ей того или иного оттенка пользуются подцветкой, осуществляемой обычно введением в бумагу малого количества соответствующего красителя. Подцветку производят преимущественно для устранения желтизны различных видов бумаги для письма и печати и придания им подсиниванием видимой белизны.

В зависимости от вида и назначения окрашенной бумаги, способа крашения и условий осуществления этого процесса к используемым красителям предъявляются различные требования, которые в большинстве случаев сводятся к способности придания бумаге яркой окраски при минимальном их расходе и хорошем удержании на волокнах. Окраска при этом не должна смываться водой и должна быть свето- и теплоустойчивой, в отдельных случаях желательна кислото- и щелочестойкость красителя или устойчивость к каким-либо специфическим химикатам, с которыми соприкасается окрашенная поверхность бумаги.

Сам процесс крашения по своей природе коллоидно-химический. При этом краситель из раствора должен быть равномерно и прочно закреплен на компонентах бумаги: волокнах, частицах минерального наполнителя и пр. Существенное значение при крашении имеют адгезионные явления и проявляющиеся при этом силы взаимодействия красителя с поверхностью, подлежащей окраске.

К числу преимуществ окраски бумаги с поверхности нужно отнести возможность совмещения этого процесса с другими видами поверхностной обработки бумаги (придание влагопрочности, биостойкости, пластичности и пр.). Качество поверхностно окрашенной бумаги во многих случаях (но не во всех) превосходит качество бумаги, окрашенной в массе. При поверхностной окраске бумаги

с повышенной массой 1 м<sup>2</sup> наблюдается, по сравнению с окраской бумажной массы, существенная экономия дорогих красителей, достигающая 30...40 %. Поверхностное крашение бумаги не влечет за собой спуск в водоем окрашенной сточной производственной воды.

Для окраски бумаги применяют различные красители, которые можно разделить на *неорганические* (естественные и искусственные), используемые в настоящее время редко, и *органические*.

Из неорганических красителей следует упомянуть ультрамарин, вводимый в бумажную массу для подцветки белой бумаги.

Органические красители также могут быть естественными и искусственными. Именно последние получили в производстве бумаги наибольшее распространение, так как они обеспечивают возможность придания изготавливаемой бумаге широкого разнообразия цвета и оттенков. Органические синтетические красители, применяемые для окраски бумаги, делятся на следующие группы: *основные, прямые, кислотные, пигментные* (кубовые и сернистые). Большинство видов красителей представляют собой растворимые красящие вещества, которые закрепляются на волокнах адсорбционно или путем непосредственного химического взаимодействия.

*Пигментные* красители – нерастворимые красящие вещества, которые либо синтезируются на волокнах из исходных материалов, либо осаждаются на волокнах различными методами: химически из растворимых производных, разложением их солей и др. К числу пигментных красителей относятся кубовые и сернистые красители, обладающие высокими показателями водостойкости и светопрочности. Кубовые красители характеризуются ярким цветом и сочными оттенками, но являются относительно дорогими и имеют сложную технологию использования. Сернистые красители дешевы, но придают бумаге тусклую окраску.

*Основные* красители непосредственно хорошо окрашивают волокна древесной массы и небеленой (лучше жесткой) целлюлозы, но хуже – волокна беленой целлюлозы, имеющие низкое содержание лигнина и гемицеллюлоз, и еще хуже – тряпичные волокна. Часто эти красители используют также для окраски волокон из смешанной макулатуры. Во всех этих случаях достигается получение практически бесцветной сточной воды. Для фиксации основных красителей на волокнах древесной массы, то есть контакта волокон с красителем, достаточно всего лишь 20...30 секунд. Связь основного красителя с волокнами химическая. Сорбция этого красителя определяется содержанием в волокнах карбоксильных групп.



*Прямые* красители обеспечивают хорошую окраску волокон хлопка и блененной целлюлозы и значительно хуже окрашивают волокон на древесной массы. При окрашивании прямыми красителями волокон блененной целлюлозы время контакта этих красителей с волокнами должно составлять до двух, а иногда и четырех минут в зависимости от марки красителя, требуемой интенсивности окраски и условий проведения процесса крашения. Прямые красители целесообразно применять для окраски неклеенных видов бумаги: промокательной, основы для фибры, основы для пергамента, различной бумаги санитарно-бытового назначения. Эти красители образуют с гидроксильными группами целлюлозы водородную связь. При этом эффективность сорбции прямого красителя волокнами целлюлозы в значительной степени зависит от величины соответствующего электрокинетического потенциала. Последний, однако, не оказывает заметного влияния на сорбцию волокнами основного красителя.

Одно из преимуществ прямых красителей – сохранение капиллярных свойств окрашиваемой бумаги, что особенно важно при применении этих красителей для окраски впитывающих видов бумаги санитарно-бытового назначения.

*Кислотные* красители хорошо окрашивают шелк, шерсть и полиамидные волокна и плохо окрашивают целлюлозу, древесную массу и частицы каолина. Эти красители обычно используют для окраски проклеенной бумажной массы при избытке сернокислого алюминия. Кислотные красители не дают такую яркую окраску, как основные, но являются более светостойкими. Фиксация кислотных красителей на растительных волокнах, имеющих в воде отрицательный заряд, протекает в присутствии сернокислого алюминия.

Окраску основными и прямыми красителями лучше осуществлять с использованием мягкой производственной воды, при окраске же кислотными красителями соли жесткой воды благоприятствуют процессу крашения.

## 2.2.6. Разбавление и очистка бумажной массы

***Разбавление бумажной массы.*** Находящуюся в машинном бассейне готовую бумажную массу соответствующей композиции перед подачей на бумагоделательную машину подвергают дополнительной очистке от нежелательных примесей и волокнистых узелков. Основными источниками загрязнения бумаги служат места хранения полуфабрикатов, производственная вода, загрязненность массопроводов

и бассейнов, плохая очистка химических вспомогательных материалов, образование слизи. Удаление органического и другого сора обеспечивается применением очистного оборудования, которое для более успешного отделения примесей от волокнистой массы работает при низких концентрациях.

Степень разбавления бумажной массы определяется длиной и конструкцией сеточной части бумагоделательной машины, степенью помола, массой  $1 \text{ м}^2$ , типом волокна и температурой волокнистой суспензии. В зависимости от сорта вырабатываемой бумаги применяют бумажную массу концентрацией от 0,1 до 1,3 % (концентрацию массы, как правило, выражают в процентах). Для разбавления используют обратную воду из-под сеточной части бумагоделательной машины, образующуюся при обезвоживании бумажного полотна.

Равномерность подачи бумажной массы на бумагоделательную машину на агрегатах старой конструкции обеспечивается переливным (регулирующим) ящиком.

Оборотная (подсеточная) вода закачивается в высоко расположенный переливной ящик, а масса частично подается черпальным колесом, установленным на валу мешального бассейна. Сейчас в результате внедрения бассейнов с пропеллерной мешалкой все более широко применяется способ заправки массы из машинного бассейна в уравнивательный ящик (рис. 2.24). Благодаря этому создается возможность включать в технологическую схему рафинёры и регуляторы концентрации массы на участке между машинным бассейном и уравнивательным ящиком. Применение рафинёров способствует выравниванию массы по степени помола.

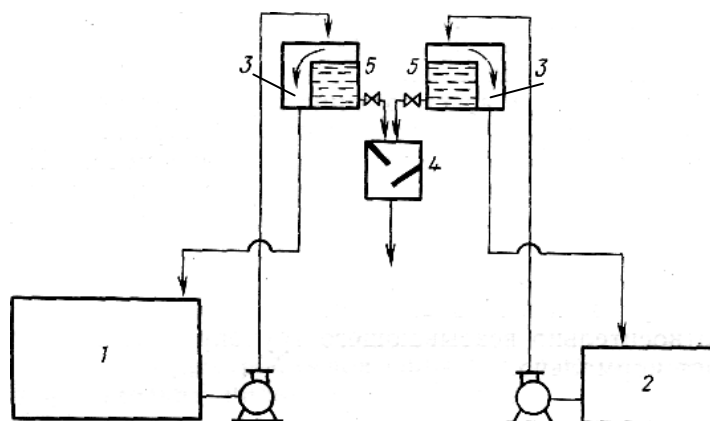


Рис. 2.24. Схема разбавления бумажной массы с применением уравнивательных ящиков перед бумагоделательной машиной:

1 – машинный бассейн; 2 – резервуар обратной воды;  
3 – уравнивательный ящик; 4 – смесительный ящик; 5 – регулятор

Расход массы и воды из уравнительного ящика регулируют дозирующими задвижками (уравнительные ящики обеспечивают постоянный напор массы, подводимой к дозирующим заслонкам). При этом вода и масса одновременно поступают в смесительный ящик, сконструированный с таким расчетом, чтобы достигнуть оптимального перемешивания при минимальном пенообразовании.

Описанный способ разбавления бумажной массы не применяется на больших быстроходных бумагоделательных машинах. Для этой цели используются смесительные насосы с байпасом (рис. 2.25), рабочее колесо которых вращается с постоянной скоростью.

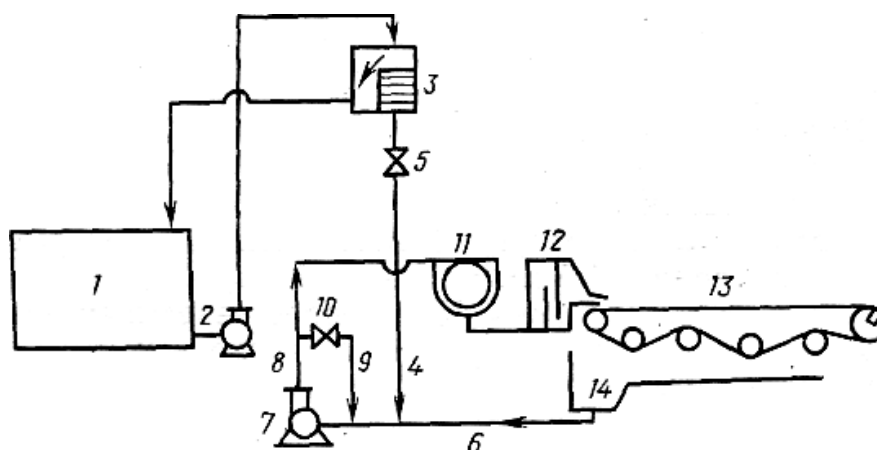


Рис. 2.25. Схема разбавления массы посредством смесительных насосов и байпасной системы:

- 1 – машинный бассейн; 2 – массовый насос; 3 – массоуравнивательный ящик;  
 4 – массопровод; 5 – массорегулирующая заслонка; 6 – трубопровод подсеточной воды; 7 – смесительный насос; 8 – нагнетательный трубопровод для разбавления массы; 9 – обводной трубопровод; 10 – заслонка в магистрали регулирования разбавления массы; 11 – узлоуловитель; 12 – напорный ящик;  
 13 – столовая часть; 14 – сборник подсеточной воды

Эти насосы установлены в приемке бумагоделательной машины и связаны с подсеточной ванной всасывающими трубопроводами. Масса поступает из высоко расположенного уравнительного ящика во всасывающий трубопровод насоса через дозирующие заслонки. Из смесительного насоса волокнистая суспензия нагнетается к установкам для ее очистки.

Нагнетательный и всасывающий трубопроводы связаны регулировочной заслонкой в байпасной магистрали. С помощью этой заслонки и осуществляется разбавление массы. Когда заслонка закрыта, всасывается больше подсеточной воды и степень разбавления массы

возрастает. С открытием заслонки во всасывающую магистраль возвращается часть разбавленной массы, масса и степень разбавления снижаются.

Благодаря максимальной высоте напора в уравнительном ящике относительно всасывающего трубопровода подвод массы протекает нормально.

**Очистка бумажной массы.** Для очистки волокнистой суспензии от включений с большой удельной массой применяют песочницы, центробежные сортировки, сепараторы, пескоотделители, вихревые очистители, которые устанавливаются перед бумагоделательной машиной.

**Песочницы.** Этими аппаратами пользуются с давних времен. Песочница состоит из длинного открытого желоба, в котором на расстоянии 30...50 см друг от друга установлены перегородки высотой 7...20 см, большей частью расположенные под некоторым углом (45...60°) относительно направления движения массы. Высокий эффект отделения инородных включений достигается при концентрации массы 0,3...0,5 % и скорости потока 10...17 м/мин. При более высоких скоростях движения потока эффективность очистки массы снижается, а при чрезмерно низких возникает опасность осаждения волокон. При суточной производительности 1 т бумаги площадь, требуемая для песочницы, составляет 1,5 м<sup>2</sup>.

**Центробежные сортировки.** К наиболее известным конструкциям сортировок относится эркенсатор, используемый преимущественно в производстве высококачественной чисто тряпичной бумаги и основы для фотобумаги. Тяжелые частицы отделяются по принципу использования центробежной силы. Основным элементом эркенсатора является барабан конической формы с кольцевыми уступами, вращающийся со средней окружной скоростью около 30 м/с. Под действием центробежной силы масса, поступающая по центру конуса в восходящем потоке, прижимается к его стенкам. При этом тяжелые загрязнения задерживаются кольцевыми выступами, а волокна поступают в выпускной лоток через дроссельные шлицы.

В процессе работы в эркенсаторе образуются волокнистые набивки, содержащие тяжелые частицы. Эти набивки удаляются периодически через каждые 8...24 ч (в зависимости от длительности останова эркенсатора). Такие вынужденные простои эркенсатора, вызываемые необходимостью периодической чистки аппарата, сопровождаются значительными потерями волокна. Чрезвычайно низкая пропускная способность – один из недостатков этих аппаратов.

Центробежные пескоотделители (рис. 2.26) могут удалять только крупные загрязнения, поэтому используются вместо песочниц главным образом в производстве упаковочной бумаги, содержащей макулатуру. У этих аппаратов в отличие от эркенсаторов нет вращающихся деталей. Суспензия массы, вводимая тангенциально в верхнюю цилиндрическую часть агрегата при концентрации максимально 1 % и давлении на входе 0,3...0,35 МПа, опускается вниз в виде спирали. Под действием центробежной силы тяжелые включения прижимаются к стенкам цилиндра и опускаются через коническую часть аппарата в грязесборник с гидравлическим затвором. Более легкое волокно, находящееся на внутренней стороне потока, изменяет направление своего движения в конусе и устремляется восходящей струей к выпускной трубе. Выпускаемые центробежные пескоотделители имеют диаметр 500...600 мм и производительность 1500...3000 л/мин.

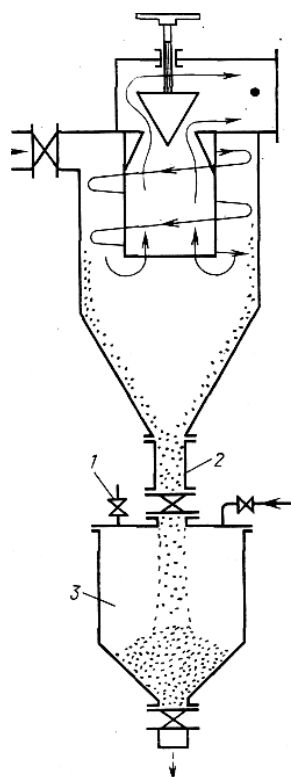


Рис. 2.26. Схема центробежного пескоотделителя:  
1 – вентиляционный клапан;  
2 – смотровое стекло;  
3 – грязесборник

*Вихревые очистители.* Современные способы производства бумаги предусматривают для удаления из массы тяжелых загрязнений применение вихревых очистителей типа «Vortrap» (рис. 2.27). Конструкция и принцип их работы не отличаются от конструкции и принципа работы центробежных пескоотделителей, однако диаметр этих аппаратов не более 100...150 мм. Минимальное давление на входе должно составлять 0,3...0,35 МПа, так как потеря давления у этих систем достигает 0,1...0,15 МПа.

В вихревом очистителе на частицы воздействуют центробежные силы, в 400...800 раз превышающие силу их тяжести, поэтому вихревые очистители в отличие от центробежных пескоотделителей удаляют из массы даже мельчайшие песчинки. Однако из-за большой потери в давлении эти устройства требуют большого расхода энергии. В нижней части трубы у аппаратов ранних типов были предусмотрены один или два отклоняющих элемента, предназначенных для изменения направления движения потока массы и повышения эффективности очистки.

Эти элементы, подверженные сильному износу, заменены в нижней части аппаратов более поздних конструкций отрезком трубы конической формы.

Пропускная способность вихревых очистителей системы «ПАМА» при концентрации массы 0,4...1,0 % составляет около 800 л/мин. Особым типом вихревых очистителей является система «Гидроклон». У этих аппаратов не изменяется направление потока годной массы (она чаще всего отводится снизу, через центр вмонтированной трубы). Отходы, скопившиеся в грязесборнике, обезвоживаются шнеком и отводятся.

*Центробежные сепараторы*, называемые также «*центриклинерами*», функционируют по тому же принципу, что и вихревые очистители. Труба центриклинера имеет форму конуса с углом около  $10^\circ$ . У этих аппаратов грязесборника нет. Отходы в количестве 4...5 %, удаляемые через нижний ствол конуса, поступают в сборник, откуда транспортируются насосом на вторую ступень очистки центриклинерами.

Чаще всего применяется трех-, четырехступенчатая схема очистки. С помощью центриклинеров можно удалять загрязнения не только большой удельной массы, но и разной формы при одной и той же удельной массе. Такое действие основано на различном сопротивлении, которое оказывается частицами потоку, поэтому центриклинеры обеспечивают очистку массы не только от песка, но также от костры, пучков волокон и кусочков коры.

Из этих соображений на некоторых предприятиях центриклинерами заменяют описываемые ниже узлоуловители. Высокий расход энергии у центриклинеров (в пределах 25 кВт·ч/т) делает целесообразным их использование только при выработке специальных сортов

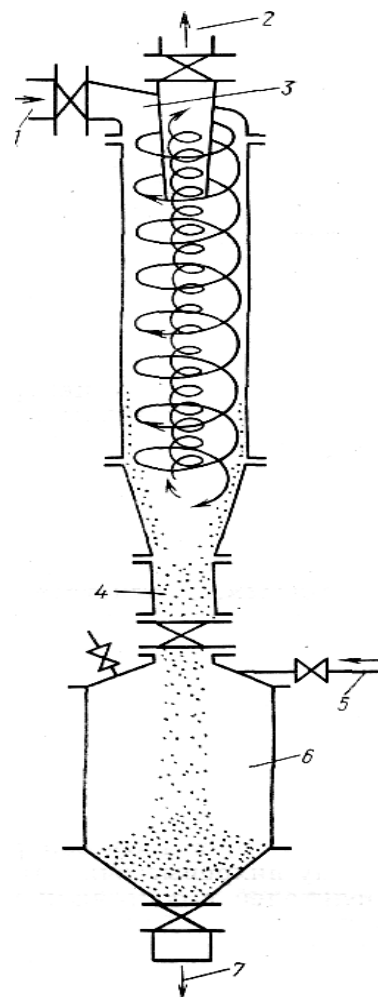


Рис. 2.27. Схема вихревого очистителя:

- 1 — подвод;
- 2 — отвод;
- 3 — тангенциально установленный патрубок;
- 4 — смотровое стекло;
- 5 — свежая спрысковая вода;
- 6 — грязесборник;
- 7 — загрязнения

бумаги. Такой высокий расход энергии вызывается большими потерями в давлении (порядка 3,5...4,0 кг/см<sup>2</sup>) при пропускной способности одного центриклинера не более 75...350 л/мин. Концентрация массы не должна превышать 0,5 %. В центриклинерах с пропускной способностью 70...90 л/мин очищать можно только такую массу, которая не содержит минеральных наполнителей, так как они увлекают из нее при удалении и частицы последних.

После удаления из массы тяжелых включений ее направляют к узлоуловителям для окончательной очистки от загрязнений, имеющих ту же удельную массу, что и волокно (узелки и другие загрязнения, которые легче воды). В узлоуловителях применяют щелевидные отверстия, поскольку сортирование в этом аппарате протекает в условиях низкого давления. Ширина шлицов (мм) зависит от сорта вырабатываемой бумаги и конструкции узлоуловителя:

– шелковая и папиросная, конденсаторная .....	0,25...0,35
– тонкая типографская .....	0,4...0,5
– подпергамент, писчая и печатная .....	0,5...0,6
– газетная, упаковочная высшего сорта .....	0,7...0,8
– упаковочная низкосортная .....	0,9...1,2
– картон .....	1,2...2,0

В настоящее время вместо плоских мембранных сортировок применяют вращающиеся высокопроизводительные узлоуловители, обеспечивающие высокий эффект очистки. Их можно разделить на две основные группы: цилиндрические, состоящие из вращающегося вибрирующего барабана с потоком массы изнутри наружу, и плоские, состоящие из вибрирующей ванны с течением массы снаружи внутрь.

*Узлоуловители с потоком массы изнутри наружу* (системы «Ванделс», «Лямор», «Фойт» и «Партингтон») конструктивно различаются лишь механизмом тряски барабана и его положением. Тряска барабана осуществляется эксцентриками или ударниками, причем барабан устанавливают на балансирах или рессорах. Спрысковая труба, установленная за барабаном, подает воду на очистку шлицев от загрязнений. Узелки отводятся по приемному лотку в барабане. Узлоуловители этого типа характеризуются высоким эффектом очистки при относительно небольшой производительности и малым погружением барабана в массу.

*В узлоуловителях с вибрирующей ванной и потоком массы снаружи внутрь* обеспечивается более глубокое погружение барабана, что повышает производительность аппарата. У этих узлоуловителей вибрирует не вращающийся барабан, а ванна. Масса частично

проталкивается сквозь щели барабана крыльями, расположенными с его наружной стороны. Степень использования рабочей поверхности барабана у этого типа узлоуловителей 70 % против 30 % в системах с потоком массы изнутри наружу. К этой группе относятся аппараты конструкции «Берд» и «Баннинг».

Рабочая поверхность барабана очищается спрысковой водой, поступающей по трубе, установленной в барабане. Загрязнения удаляются по приемному лотку, расположенному с внешней стороны барабана. На крупногабаритных аппаратах практикуют непрерывный отвод от общего потока небольшого количества массы через днище ванны с последующей очисткой его на вспомогательных узлоуловителях или на центриклинерах.

*Вибрационные узлоуловители.* Увеличение производительности бумагоделательных машин привело к необходимости разработать более эффективные конструкции узлоуловителей. Были созданы виброузлоуловители систем «Линден-Джонсон», «Линдблад» и «Лямор».

Этот тип узлоуловителей выпускается также заводом бумагоделательного оборудования ПАМА в Фрайберге (Германия). Все они работают по принципу течения массы снаружи внутрь.

*Селектифайеры* – сепараторы, работающие под давлением. В последнее время вместо узлоуловителей все более широко применяют селектифайеры, обладающие более высокой производительностью (рис. 2.28). В принципе, это сортировки с вертикальным валом, работающие под давлением. Масса, поступающая по трубопроводу установленного под углом цилиндра, проталкивается под давлением через отверстия или шлицы неподвижного сита. Внутри цилиндра вращаются в непосредственной близости от сита две полости каплеобразного сечения (обтекаемой формы). Благодаря этому масса пульсирует (эффект Магнуса), что исключает забивание отверстий сита.

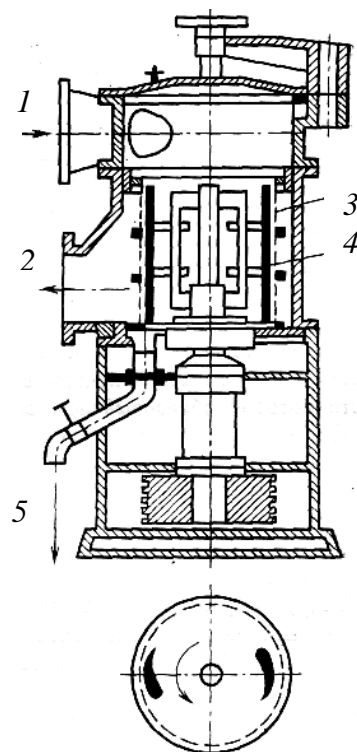


Рис. 2.28. Схема селектифайера:  
1 – впуск массы;  
2 – выход массы;  
3 – сортирующее сито;  
4 – лопатки ротора;  
5 – отходы сортирования



Загрязнения, не прошедшие через отверстия, время от времени автоматически отводятся действующим вентилем через днище сортировки. Суточная производительность селективфайера с диаметром сита 0,6 м и длиной 0,6 м – 30...40 т. Диаметр отверстий сита 2 мм.

При установке сит со шлицевыми отверстиями производительность аппарата снижается примерно на 50 %. Компактность конструкции селективфайера и надежность в эксплуатации без применения дополнительных спрысковых устройств для его очистки являются достоинствами этого аппарата. Отходы сортирования после селективфайера еще содержат много волокна, ввиду чего их дополнительно пропускают через вибросортировки.

### 2.2.7. Формование бумаги

Качество бумаги, изготавливаемой на бумагоделательной машине, в значительной степени определяется условиями поступления бумажной массы на сетку машины [6], [21], [24]. Для получения бумаги с однородными свойствами необходимо, чтобы была обеспечена однородность смеси волокон и воды в потоке массы, равномерно поступающей на сетку машины. Эта однородность смеси волокон и воды должна сохраняться по ширине машины на протяжении всего процесса изготовления бумаги. Напускные устройства оборудуются различными приспособлениями для равномерного распределения суспензии волокон (перегородки, перфорированные вращающиеся валики), чтобы масса поступала в напорный ящик уже достаточно равномерной. Это достигается установкой потокораспределителей на участке между очистной аппаратурой и напорным ящиком. Потокораспределители имеют различную конструкцию, но преследуют одну цель: обеспечить равномерное распределение волокон за счет создания одинаковой скорости течения потока по всему его сечению.

***Напускные устройства и их работа.*** Конструкции напускных устройств бумагоделательных машин различаются в зависимости от скорости работы машины. Качество изготавливаемой бумаги зависит от скорости истечения массы на сетку и скорости движения сетки бумагоделательной машины. Если скорость истечения массы значительно меньше скорости движения сетки, то волокна нижней части массового потока, соприкасаясь с сеткой, увлекаются последней и вытягиваются в машинном направлении, т. е. в направлении хода сетки. Вследствие этого изготавливаемая бумага имеет ярко выраженную ориентацию волокон в машинном направлении преимущественно на своей нижней

(сеточной) стороне. Последующие слои волокон касаются уже не сетки, а волокон нижнего слоя, не успевших еще полностью приобрести скорость сетки. Поэтому ориентация волокон в машинном направлении в этих слоях менее выражена. Еще менее выражена она на верхней поверхности бумажного полотна. Чем толще изготавливаемая бумага, тем большее различие в ориентации волокон на ее верхней и сеточной сторонах.

Повышенная ориентация волокон в машинном направлении приводит к анизотропии в прочностных свойствах бумаги: существенно более высокая прочность бумаги в ее машинном направлении по сравнению с прочностью в поперечном направлении. Для большинства видов бумаги желательно небольшое различие в ориентации волокон и соответственно в прочности по машинному и поперечному направлениям. Поэтому в большинстве случаев необходимо, чтобы скорость поступления массы на сетку была бы примерно равна скорости движения сетки и не превышала допустимого отставания скорости массы от скорости сетки на 5...10 %. Превышение скорости движения массы над скоростью движения сетки ведет к наплывам массы на сетку с образованием на ней поперечных волн и к ухудшению равномерности просвета бумаги. Скорость поступления массы на сетку бумагоделательной машины ( $v_m$ , м/мин)

$$v_m = 60\mu\sqrt{2gh},$$

где  $g$  – ускорение силы тяжести, равное 9,81 м/с<sup>2</sup>;

$h$  – напор массы перед выпускной щелью, м (считается до середины высоты щели);

$\mu$  – коэффициент истечения (вытекания), зависящий от формы выпускной щели и сопротивлений, оказываемых выходу массы на сетку деталями напускного устройства, а также от вязкости массы.

Напуск суспензии на сетку бумагоделательной машины осуществляется напорными ящиками различных типов (напорные ящики открытого или закрытого типов, с вертикальными линейками).

*Сеточная часть.* Разбавленная суспензия волокна очень низкой концентрации (0,4...1,2 %) обезвоживается на сеточном столе (рис. 2.29) бумагоделательной машины, превращаясь во влажное бумажное полотно сухостью 18...20 %.

Такое полотно, обладая достаточной механической прочностью, может быть передано с сетки для дальнейшего уплотнения на другие обезвоживающие устройства.

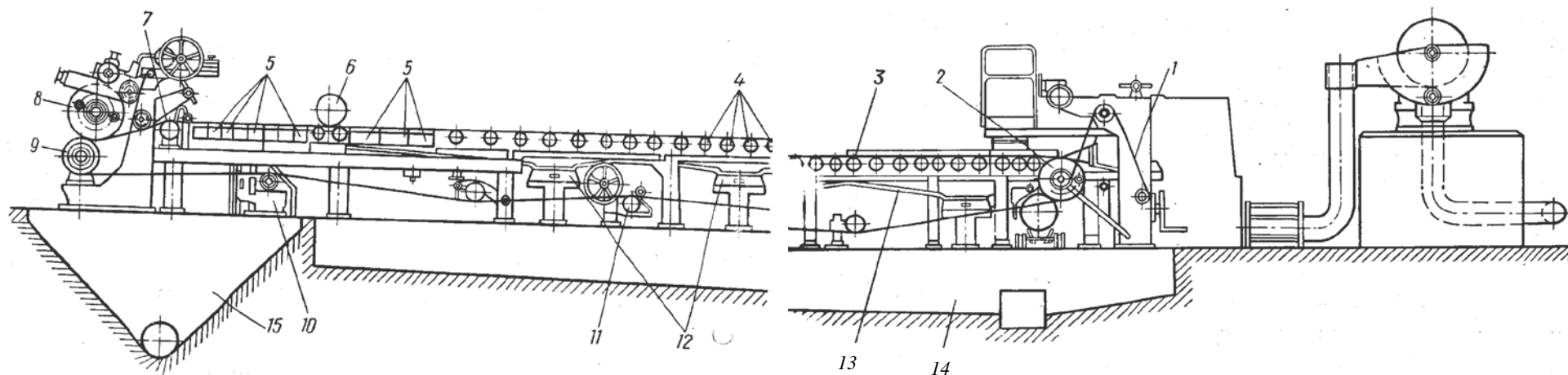


Рис. 2.29. Схема сеточной части тихоходной бумагоделательной машины:  
 1 – напорный ящик; 2 – грудной вал; 3 – ограничительные линейки;  
 4 – регистровые валики; 5 – отсасывающие ящики; 6 – ровнитель;  
 7 – сеткоправильный валик; 8 – верхний гауч-вал; 9 – нижний гауч-вал;  
 10 – автоматический сеткоправильный валик; 11 – сетконатяжной валик;  
 12 – аккумулятор подсеточной воды; 13 – желоба для подсеточной воды;  
 14 – подсеточная ванна; 15 – бассейн с мешалкой под гаучем с питающим шнеком

Таким образом завершается наиболее важный процесс производства бумаги – ее формование на сетке бумагоделательной машины. После регистровой части концентрация массы составляет 2,5...3 %. При этой концентрации заканчивается так называемое «зеркало залива». С этого момента бумажная масса превращается в бумагу (бумажное полотно) и вводится понятие «сухость бумажного полотна».

После отсасывающих ящиков сухость бумажного полотна равна 10...12 %, после гауч-вала – 19...21 %, после сушильной части – 90...94 %.

*Отлив бумаги.* Отлив бумаги представляет собой процесс фильтрации, в результате которого по мере удаления из бумажной массы избытка влаги на сетке машины образуется волокнистый слой. Этот процесс особенно интенсивно протекает в регистровой части, занимающей первую треть сеточного стола. Допущенные здесь погрешности уже не могут быть исправлены на последующих этапах технологического процесса и остаются в бумаге как дефекты ее производства.

В процессе отлива бумаги волокна ориентируются на сетке столовой машины в продольном направлении (ось волокна располагается по ходу сетки). Формование бумаги или положение волокон на сетке бумагоделательной машины определяется характером массы, ее концентрацией, отношением скорости вытекания массы из выпускной щели напорного ящика к скорости движения сетки, интенсивностью обезвоживания.

Формование бумаги определяется ее конечным назначением. Она должна обладать возможно более высокой механической прочностью, однородной структурой, равномерной массой  $1 \text{ м}^2$ , однородным характером поверхности обеих сторон и определенным соотношением показателей механической прочности в продольном и поперечном направлениях.

Может возникнуть необходимость провести обезвоживание быстро, чтобы предотвратить флокуляцию волокон. Эффективность этого процесса в значительной степени зависит от концентрации массы. В условиях низкой концентрации обеспечивается наименьшее сопротивление фильтрации воды через слой массы на сетке машины и, следовательно, минимальная вероятность флокуляции.

Вместе с тем чрезмерно интенсивная водоотдача является причиной плохого удержания в полотне мелкого волокна и наполнителя, особенно на первой фазе листообразования. В результате на сеточной стороне бумаги содержится меньше наполнителя, чем на верхней, что приводит к так называемой разносторонности. Этот дефект

устраняется регулированием интенсивности процесса обезвоживания бумажного полотна.

На начальной стадии процесса водоотдачи частицы минеральных веществ уносятся с верхней стороны внутрь бумажного полотна. С ростом толщины волокнистого слоя, оседающего на сетке бумагоделательной машины, частицы наполнителя увлекаются отходящей водой только из нижнего слоя бумажного полотна. Таким образом, максимальное количество наполнителя находится в средних слоях бумаги, а минимальное – на ее сеточной стороне. Такое же явление наблюдается и с мелким волокном. Из-за этого сеточная сторона бумаги отличается меньшей сомкнутостью поверхности.

Бумажное полотно обезвоживается, с одной стороны, под влиянием силы тяжести самой воды, содержащейся в бумажной массе, с другой, – под действием вакуума, создаваемого при перепаде давления между регистровыми валиками или гидропланками и сеткой. В результате все возрастающей толщины волокнистого слоя на сетке при листообразовании увеличивается и сопротивление фильтрации, что вынуждает применять отсасывающие устройства для интенсификации обезвоживания бумажной массы.

Процесс листообразования на сетке бумагоделательной машины может быть разделен на три зоны:

- зона напуска волокнистой суспензии на сетку. Исходный период водоотдачи – в пределах зоны на сеточном столе;

- зона листообразования. В качестве обезвоживающих элементов в этой зоне используются регистровые валики или гидропланки, либо комбинация обоих устройств, а также частично мокрые отсасывающие ящики;

- зона отсасывания с последующим снятием сырого полотна с сетки. Здесь происходит максимальное обезвоживание в результате свободного стекания воды под воздействием обезвоживающих элементов (регистровых валиков, гидропланок, мокрых отсасывающих ящиков) при небольшом перепаде давления. В этой зоне установлены обезвоживающие элементы, обеспечивающие повышенный перепад давления (вакуум-насосы, отсасывающие ящики с барометрической трубой), а также отсасывающие валы.

Основной орган сеточной части – сама сетка. Ее изготавливают из фосфористой бронзы, представляющей собою сплав фосфора с медью и оловом. В последнее время для увеличения машинного времени и снижения затрат на одежду машины все более широко применяют синтетические сетки. Сетка служит связующим звеном

между отдельными элементами сеточной части. Она растянута на участке от грудного вала до гауча или отсасывающего вала и проходит над регистровыми валиками, мокрыми отсасывающими ящиками, гидропланками. На этом участке сеточного стола завершается образование волокнистого слоя бумаги.

После отсасывающего вала обратная ветвь бесконечной сетки проходит над ведущими, натяжными, регулирующими валиками к грудному валу. В обратной ветви сетки расположены также сеткоочистительные приспособления.

Выпускная щель напорного ящика расположена примерно на уровне грудного вала. Вода, поступающая через ячейки сетки, отводится в подсеточную ванну, откуда поступает на разбавление массы или к системам улавливания волокна (ловушки отстойного типа или фильтры).

Срывы с гауч-пресса или выплески массы через кромки сетки называются мокрым браком. У современных бумагоделательных машин для сбора мокрого брака под гаучем предусмотрена ванна. Шнек на днище ванны подводит массу к бассейну большой емкости, в котором может скапливаться значительное количество мокрого брака на случай неполадок в машине. Этот брак затем поступает к сгустителю, после чего возвращается в систему подачи бумажной массы на машину.

*Грудной вал* находится в начале сеточного стола. Он имеет диаметр 400...1000 мм, облицован твердой резиной. Чаще всего грудной вал приводится во вращение за счет трения с сеткой, на быстроходных машинах он имеет самостоятельный привод. В процессе работы поверхность вала непрерывно очищается от частиц массы с помощью sprays и шаберов. Грудные валы имеют большой диаметр, чтобы ткань сетки не подвергалась чрезмерному износу при изгибе под высоким углом обхвата, к тому же большой диаметр способствует усилению обезвоживания бумажного полотна.

На участке от грудного вала до конца регистровой части на тихоходных машинах ( $v < 250$  м/с), вырабатывающих высококачественные виды бумаги, применяют тряску сеточного стола для улучшения макроструктуры полотна и снижения его анизотропии.

*Поперечная тряска* начала сеточного стола способствует повороту части волокон в поперечное к ходу машины направление, при этом получается бумага с менее выраженным различием в показателях механической прочности листа в его поперечном и машинном направлениях. Тряска эффективно работает лишь тогда, когда

в образующемся бумажном полотне имеется еще достаточно воды, обеспечивающей подвижность волокон и возможность их поворота. Поэтому поперечную тряску сетки осуществляют до секции отсасывающих ящиков. Двухзональная тряска с двумя самостоятельно регулируемыми трясочными механизмами может существенно улучшить качество изготавливаемой бумаги (равномерность просвета и снижение анизотропии свойств бумаги по ее направлениям) при выработке бумаги (особенно тонкой) на бумагоделательных машинах, работающих при сравнительно невысокой скорости (рис. 2.30).

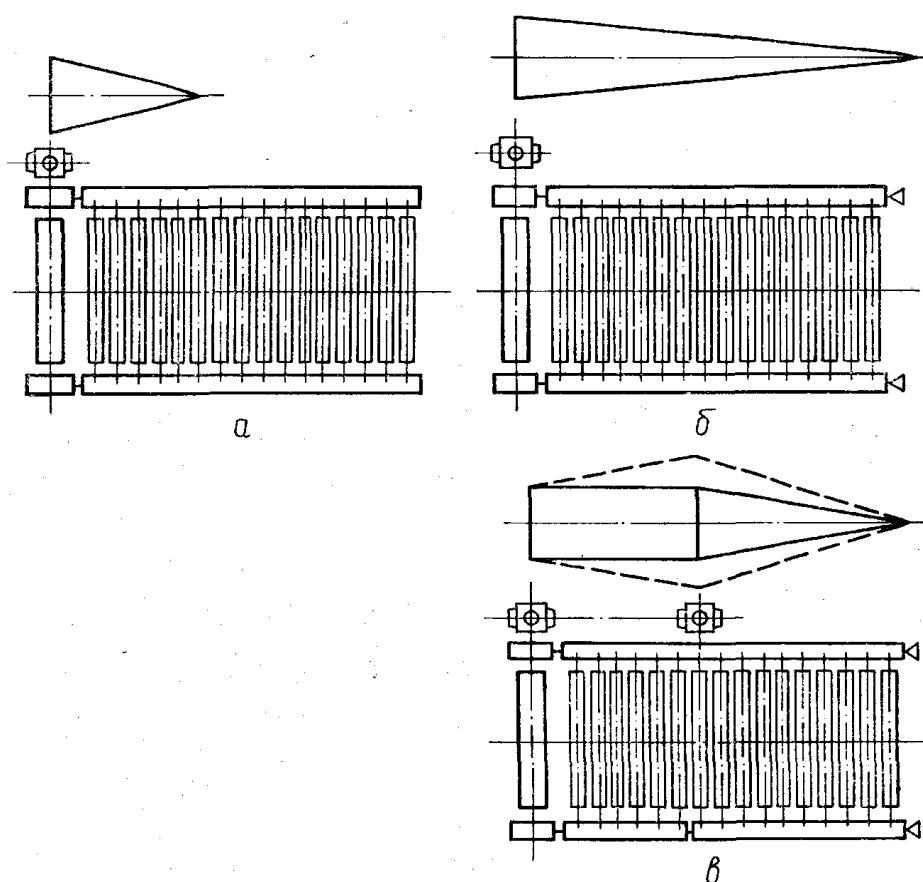


Рис. 2.30. Схемы трясочных устройств сеточного стола:  
а – грудной вал; б – однозональная тряска; в – двухзональная тряска

**Сеточный стол.** Задача сеточного стола (рис. 2.31) состоит в регулировании обезвоживания, которое должно обеспечивать быструю водоотдачу у массы садкого помола и замедленное отделение воды у массы жирного помола. Кроме того, стол должен перехватывать струи массы, возникающие на участке между регистровыми валиками и грудным валом. Обкладку стола, соприкасающуюся с сеткой, изготавливают из древесины, пластмассовых и других материалов. Стол снабжен приспособлениями, регулирующими величину его уклона,

чтобы между ним и сеткой всегда находилась водяная подушка, препятствующая износу сетки. На быстроходных современных машинах надобность в такой регулировке стола отпадает.

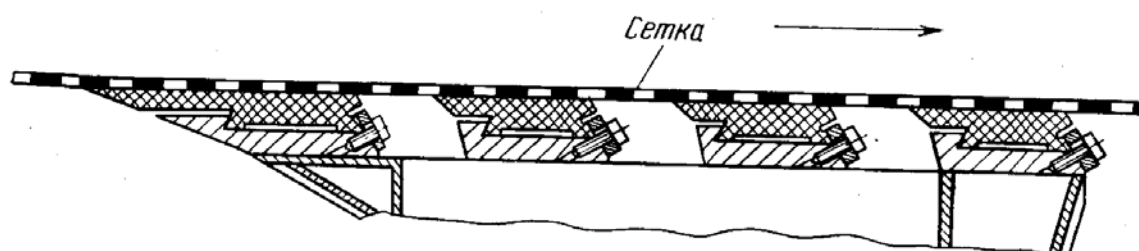


Рис. 2.31. Схема профиля сеточного стола

*Регистровые валики* длительное время были одним из основных обезвоживающих элементов. Регистровые валики приводятся во вращение сеткой и движутся вместе с ней с небольшим проскальзыванием. Вода удаляется под действием вакуума, возникающего в клиновидном зазоре между валиком и сеткой на сбегавшей стороне (рис. 2.32). Величина вакуума достигает 40 кПа.

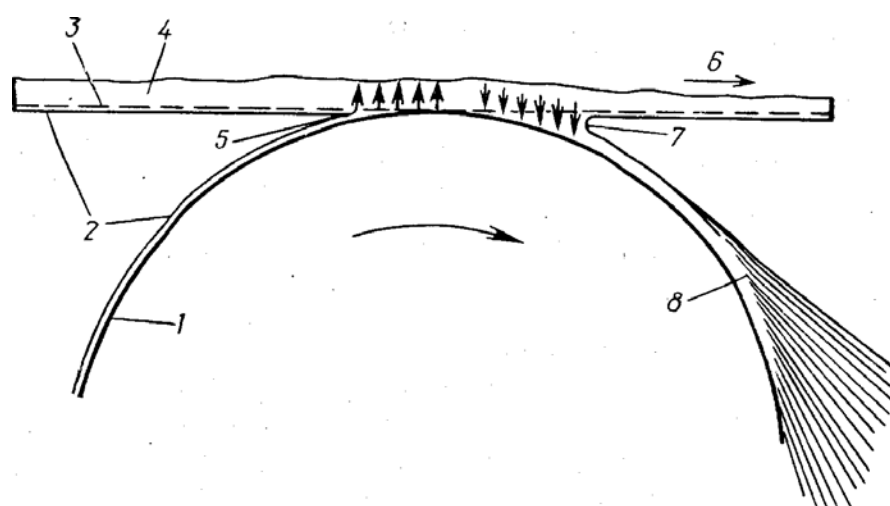


Рис. 2.32. Принцип работы регистрового валика:

- 1 – регистровый валик; 2 – пленка воды; 3 – сетка; 4 – слой волокнистой суспензии; 5 – противодействие; 6 – направление движения сетки; 7 – отсасывающее действие; 8 – удаляемая вода

При работе регистровых валиков часть удаленной из массы воды попадает в зазор между валиком и набегающей стороной сетки и снова поступает через сетку в массу, создавая при этом кратковременный импульс давления до 35 кПа. Таким образом, при использовании регистровых валиков обезвоживание массы протекает под воздействием чередующихся давления и разрежения. При входе сетки на регистровый валик (см. рис. 2.32) создается зона повышенного давления, а при



сходе с него – зона вакуума. Вода, которая находится в виде пленки под сеткой, выдавливается через нее вверх, что можно наблюдать по гребешкам, возникающим над сеткой у регистровых валиков. Отсос воды из волокнистого слоя происходит в клину между валиком и сеткой, благодаря силам сцепления воды с поверхностью регистрового валика, а также кинетической энергии, возникающей при вращении валика и движении сетки.

Регистровые валики устанавливаются на балках, препятствующих возникновению сильной вибрации или явлений прогиба. Балки крепятся к станине непосредственно либо рядом кронштейнов. Регистровые балки, устанавливаемые на участке между грудным валом и первым отсасывающим ящиком по обе стороны машины, должны следовать движениям трясочного механизма.

*Отражательные планки и дефлекторы.* Под действием центробежных сил вода забрасывается тангенциально на соседний валик. Для предотвращения этого на быстроходных бумагоделательных машинах часто между валиками устанавливают дефлекторы, которые отводят эту воду. Между регистровыми валиками устанавливают также отражательные планки различных конструкций, снимающие с нижней части сетки водяную пленку. Планки, как и регистровые валики, интенсифицируют процесс обезвоживания в результате перепада давления.

*Отсасывающие ящики. Гидропланки.* При повышении производительности машины требуется увеличение количества регистровых валиков и площадей, поэтому вместо регистровых валиков стали применять мокрые отсасывающие ящики и гидропланки (рис. 2.33), которые не только служат опорой для сетки, но и выполняют функцию обезвоживающих элементов.

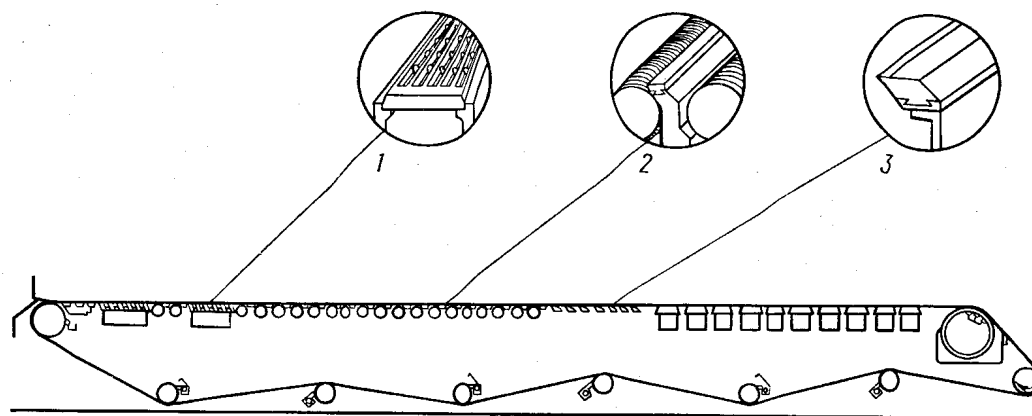


Рис. 2.33. Схема отвода воды в зоне листообразования:  
1 – мокрые отсасывающие ящики; 2 – опорные планки; 3 – гидропланки

В результате давления водяной пленки в клину между регистровым валиком и сеткой значительно снижается эффективность не только листообразования, но и обезвоживания. Этот недостаток позволяет преодолеть геометрическая форма мокрых отсасывающих ящиков гидропланок.

*Гидропланки* (рис. 2.34) представляют собой разновидность шибера, устанавливаемого под углом  $1...5^\circ$  к сетке.

Передняя плоскость гидропланки, имеющая угол  $30...45^\circ$ , снимает пленку воды, удерживаемую под сеткой силами поверхностного натяжения. Плоская часть планки является опорой для сетки, обеспечивает плотный контакт между сеткой и поверхностью полотна, предотвращает проход воздуха в зону отсоса со стороны входа сетки. Наклонная поверхность гидропланки создает с сеткой клин, где удаляется вода вследствие разрежения, возникающего в клине.

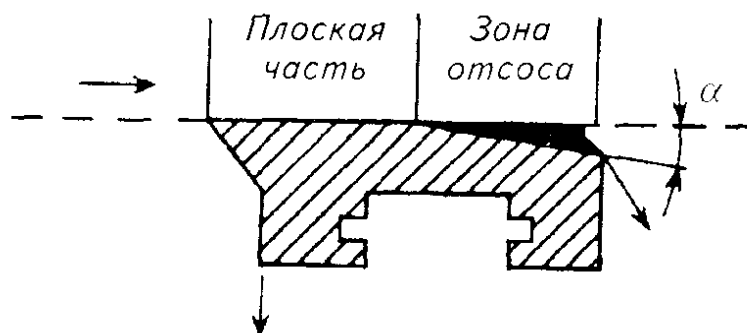


Рис. 2.34. Схема работы гидропланки

Гидропланки способствуют улучшению просвета бумаги, устранению облачности благодаря низкой концентрации массы при ее напуске на сетку, снижению потерь наполнителя и повышению эффективности процесса обезвоживания. Гидропланки изготавливают из термопластичных материалов (например, полиэтилена).

После регистровой части сеточного стола бумажное полотно с содержанием сухого вещества  $2...4\%$  поступает на сетке к расположенным под ней *отсасывающим ящикам*, в которых создается вакуум (рис. 2.35). Назначение этих ящиков – интенсифицировать процесс обезвоживания бумажного полотна, так как при сухости более  $4\%$  оно обезвоживается с заметным затруднением, что влечет за собой существенное удлинение сеточного стола.

В зависимости от вида вырабатываемой бумаги и скорости бумагоделательной машины число устанавливаемых на машине отсасывающих ящиков составляет от 2 до 12. При использовании для

выработки бумаги массы садкого помола (санитарно-гигиенические и впитывающие виды бумаги) устанавливают от 2 до 4 отсасывающих ящиков. При выработке широкого ассортимента бумаги для печати (в том числе и газетной), а также писчей бумаги число отсасывающих ящиков составляет 7...8, а при выработке мешочной бумаги 8...10. Если используется масса жирного помола (жиронепроницаемые виды бумаги, конденсаторная бумага), число отсасывающих ящиков на бумагоделательной машине находится в пределах от 8 до 12.

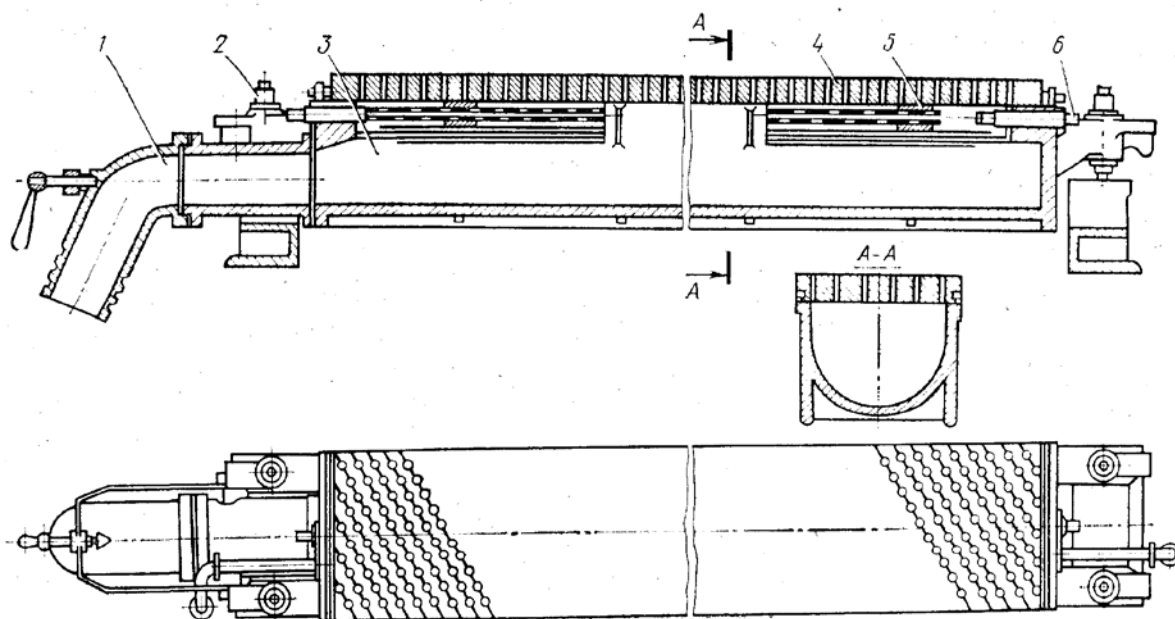


Рис. 2.35. Схема отсасывающего ящика:

1 – отводящий патрубок для воды и воздуха; 2 – болты для регулирования ящика по высоте; 3 – корпус; 4 – верхняя крышка ящика; 5 – перегородка для регулирования ширины отсоса; 6 – винт для перемещения перегородки

Величина вакуума по ходу движения бумаги повышается от ящика к ящику и зависит от вида вырабатываемой бумаги, числа установленных отсасывающих ящиков и скорости бумагоделательной машины. Вакуум в первых отсасывающих ящиках создается барометрической трубой, а в остальных ящиках – вакуум-насосом или турбо-воздуходувкой, применяемой на современной высокопроизводительной бумагоделательной машине.

Крышка представляет собой сплошную перфорированную доску с отверстиями, расположенными в шахматном порядке, либо состоит из брусков шириной 20...40 мм, установленных на таком же расстоянии друг от друга. Ширина отсасывающих ящиков 200...300 мм, а длина их на 500...600 мм больше ширины сетки. Боковые перегородки,

перемещаясь, регулируют ширину зоны отсоса соответственно ширине бумажного полотна на сетке. Для предотвращения подсоса воздуха в пространстве между перегородками и торцами ящика (карманы) заливается вода, создающая гидравлический затвор. Патрубок гибким шлангом соединяется с трубопроводом вакуум-насоса.

Отсасывающие ящики устанавливают вплотную друг к другу, благодаря чему создается непрерывная зона отсасывания и более эффективное обезвоживание бумажного полотна.

*Ровнитель* устанавливают для придания бумажному полотну равномерной и уплотненной структуры с более ровной поверхностью и меньшим различием в гладкости сторон бумажного полотна. Он представляет собой полый валик, обтянутый более грубой сеткой, чем сетка бумагоделательной машины, т.е. сеткой с меньшим числом проволок на единице длины сетки. Благодаря этому бумажное полотно на сетке машины не прилегает к поверхности ровнителя, чем предотвращаются обрывы полотна. Сетка ровнителя изготавливается из бронзы или нержавеющей стали.

Ровнитель с рельефной поверхностью сетки служит для изготовления бумаги с водяным знаком. При этом выпуклые места сетки выдавливают на поверхности влажного бумажного полотна соответствующий отпечаток, видимый при рассмотрении бумаги на просвет (в проходящем свете). Если на сетке ровнителя на некотором расстоянии друг от друга по периферии или образующей ровнителя укреплены проволоки, выступающие над поверхностью сетки, то при использовании такого ровнителя на бумагоделательной машине вырабатывается так называемая бумага верже с продольными и (или) поперечными линиями водяного знака. Если водяной знак должен быть получен в виде какого-либо рисунка, то рисунок знака на сетке ровнителя должен быть несколько вытянутым по ширине с учетом поперечной усадки бумажного полотна в сушильной части машины. Одновременно следует предусмотреть и вытяжку полотна при его прохождении через бумагоделательную машину.

Место установки ровнителя – после первых двух-трех отсасывающих ящиков, где относительная сухость бумажного полотна составляет 6...7 % (рис. 2.36). Это место определяется состоянием бумажного полотна, при котором оно не раздавливается под действием ровнителя и вместе с тем обладает достаточной пластичностью, обеспечивающей надлежащую работу ровнителя. Диаметр ровнителя в зависимости от скорости бумагоделательной машины и массы  $1 \text{ м}^2$  вырабатываемой бумаги имеет размер от 300 до 1100 мм. Чем выше

скорость машины и меньше масса 1 м<sup>2</sup> изготавливаемой бумаги, тем большим должен быть диаметр ровнителя. Для непрерывной очистки ровнителя от приставших к его поверхности пузырьков пены и сгустков волокон используют водяные sprays.

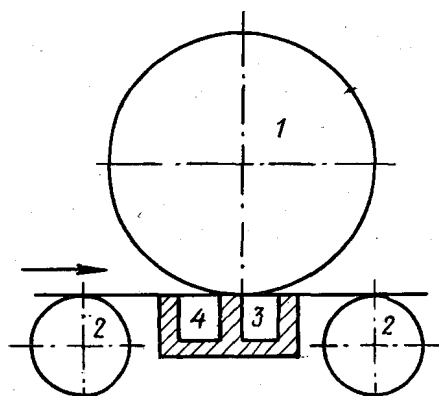


Рис. 2.36. Схема установки ровнителя над отсасывающим ящиком:

- 1 – ровнитель;
- 2 – регистровые валики;
- 3 – вакуумная камера;
- 4 – водяная камера

Внутри ровнителя устанавливают паровой sprays. Струю пара ориентируют в место отрыва бумажного полотна от поверхности ровнителя, благодаря чему облегчается отделение полотна и разрушаются воздушные пузыри.

Для обрезки неровных краев бумажного полотна после отсасывающих ящиков установлены *отсечки*, отделяющие с каждой стороны полотна водяной струей под давлением 390...440 кПа кромки шириной по 10...30 мм. Кроме того, в конце сеточного стола имеется передвижной по ширине машины *водяной нож* (струя воды), предназначенный для

отрезания узкой полосы бумажного полотна с его лицевой (рабочей) стороны (со стороны бумагоделательной машины). Эта узкая лента используется для облегчения заправки всего полотна через секции бумагоделательной машины. По мере заправки водяной нож перемещают с лицевой стороны машины на приводную и этим постепенно увеличивают ширину заправляемой полосы вплоть до того, как полотно начнет проходить через машину по всей ее ширине. На современных быстроходных бумагоделательных машинах водяной нож включается автоматически по сигналу фотоэлементов при обрыве бумажного полотна.

Сеточный стол заканчивается отсасывающим *гауч-валом*. *Отсасывающие гауч-валы* бывают *камерными* и *ячейковыми*.

*Однокамерный отсасывающий гауч-вал* (рис. 2.37, а) применяется на бумагоделательных машинах при скорости до 250 м/мин. Он состоит из вращающегося цилиндра с отверстиями диаметром 7...8 мм, раззенкованными до диаметра 13...14 мм для увеличения площади отсоса и устранения маркировки, и неподвижной отсасывающей камеры, соединенной с вакуум-насосом. Камера прижимается к внутренней стенке цилиндра пружинами.

Двухкамерный отсасывающий вал (рис. 2.37, в) применяется на машинах, работающих при скорости свыше 250 м/мин.

Над валом на сетке устанавливается обрезиненный прижимной валик, уплотняющий бумажное полотно и способствующий повышению его сухости на 1...1,5 %. Установка такого валика приводит к уменьшению мощности вакуум-насоса. Такой же валик устанавливают и над камерой однокамерного отсасывающего вала. Вместо одной широкой камеры в однокамерном отсасывающем устройстве в двухкамерном имеется одна широкая камера и другая узкая. Благодаря этому возможно осуществить постепенное повышение величины вакуума, доходящей в узкой камере до 80 кПа.

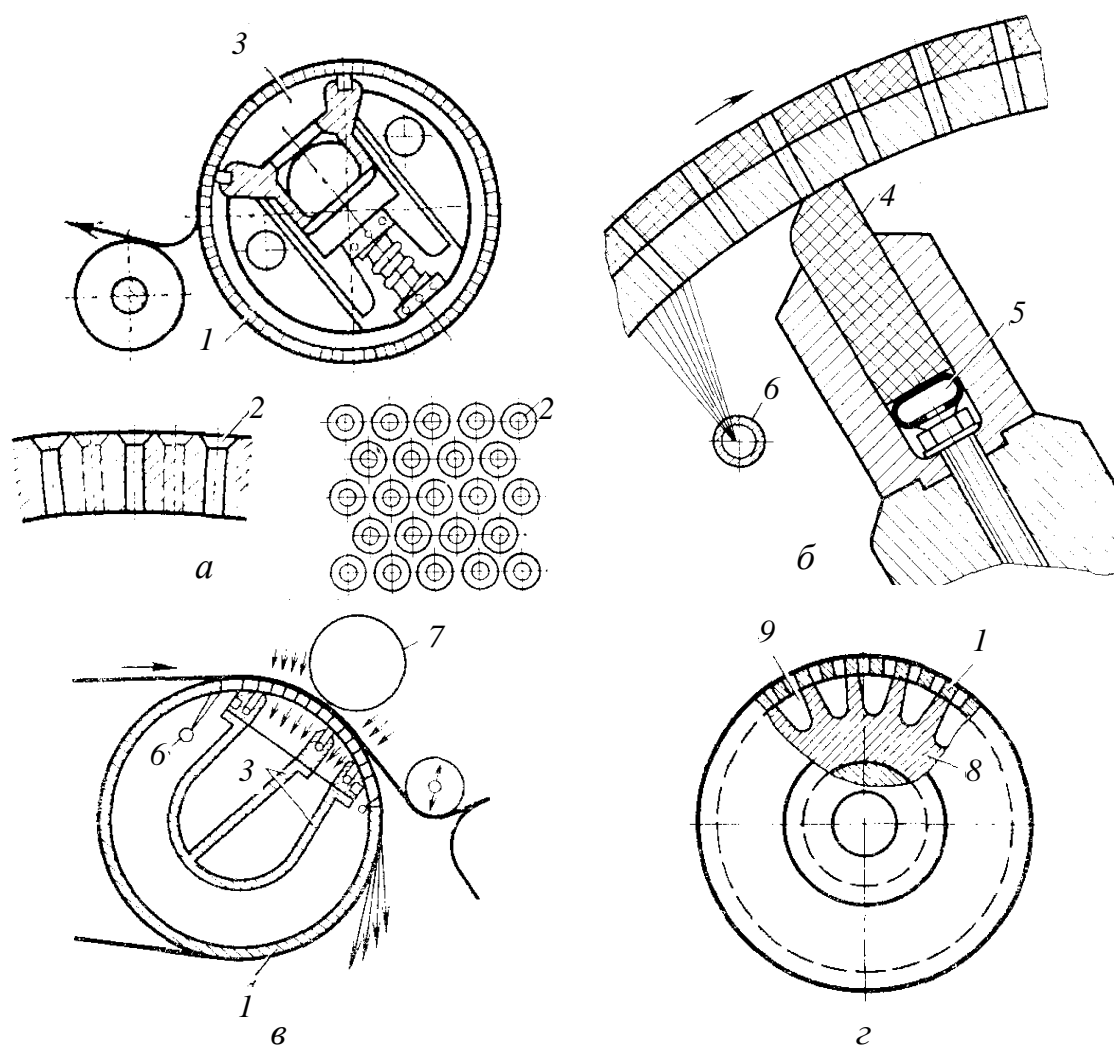


Рис. 2.37. Виды гауч-валов:

- а* – отсасывающий однокамерный гауч-вал; *б* – гауч-вал с уплотненной камерой;  
*в* – отсасывающий двухкамерный гауч-вал; *г* – отсасывающий ячейковый вал;  
*1* – цилиндр; *2* – отверстия в цилиндре; *3* – вакуум-камера; *4* – прокладка;  
*5* – резиновая шина (шланг); *6* – спрыск; *7* – прижимной валик;  
*8* – корпус вала; *9* – ячейки

В камере однокамерного гауч-вала величина вакуума обычно поддерживается на уровне от 33 до 73 кПа в зависимости от вида вырабатываемой бумаги и скорости бумагоделательной машины. Для уменьшения шума, возникающего при работе отсасывающего вала, рекомендуется отверстия в рубашке вала располагать не по образующей вала, а по спирали.

В зависимости от вида изготавливаемой бумаги и свойств исходной бумажной массы сухость бумажного полотна после гауч-вала достигает 16...22 %. При этой сухости на тихоходных (до 150 м/мин) бумагоделательных машинах снятие бумажного полотна с сетки и перевод его в прессовую часть машины осуществляют на узкой (50...70 мм) полосе полотна вручную или с помощью струи сжатого воздуха под давлением 380...580 кПа. На быстроходных бумагоделательных машинах, а также при выработке тонких видов бумаги (например, конденсаторной), применяют метод вакуум-пересоса (рис. 2.38).

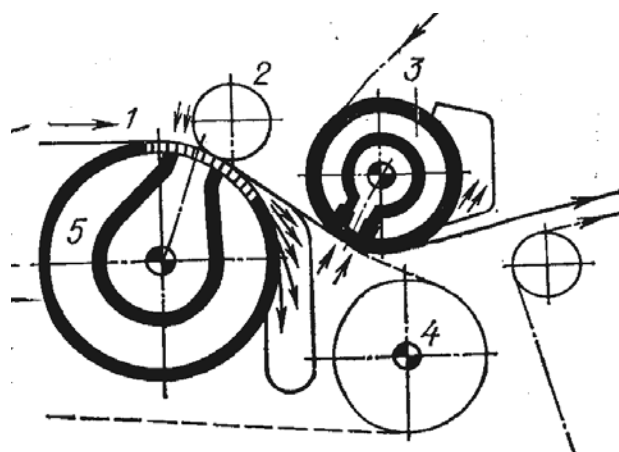


Рис. 2.38. Схема вакуум-пересасывающего устройства:  
1 – сетка; 2 – прижимной валик; 3 – вакуум-пересасывающий вал;  
4 – поворотный сетководящий вал; 5 – отсасывающий гауч-вал

На сеточном столе устанавливают поворотный сетководящий вал, являющийся вторым приводным валом сетки. К наклонному участку сетки примыкает находящийся в сукне вакуум-пересасывающий вал, в котором создается вакуум 40...53 кПа. Под воздействием вакуума бумажное полотно пересасывается с сетки на нижнюю поверхность съемного сукна и таким образом транспортируется в прессовую часть бумагоделательной машины. При установке пересасывающего вала с двумя вакуумными камерами в первой из них для отрыва бумажного полотна с сетки и передачи его на сукно создается вакуум 59...69 кПа, а во второй камере для удерживания полотна на съемном сукне величина вакуума составляет 39...49 кПа.

Под гауч-валом имеется *гауч-мешалка*, представляющая собой оборудованную размешивающим устройством емкость, в которую непрерывно поступают отсекаемые кромки бумажного полотна. Туда же поступает весь мокрый брак – срывы мокрой бумаги из прессовой части машины, вся масса с сетки при обрыве бумажного полотна, а при его заправке – все полотно, кроме заправляемой узкой ленты. Все содержимое гауч-мешалки используется в композиции бумаги в качестве оборотного брака.

### 2.2.8. Прессование бумажного полотна

После сеточной части бумажное полотно поступает в прессовую часть, которая служит для дальнейшего механического обезвоживания полотна бумаги после сеточного стола. В большинстве бумагоделательных машин прессовая часть состоит из 2...3 двухвальных прессов. Машины, предназначенные для выработки бумаги из массы жирного помола, имеют 4...5 прессов. Обычный пресс имеет два вала: верхний – гранитный или стонитовый и нижний – металлический, облицованный резиной (рис. 2.39).

Интенсивность обезвоживания в прессе регулируется давлением между валами, создаваемым прижимом или вылегчиванием одного из валов (обычно верхнего). В каждом прессе имеется сукно, охватывающее один из валов. Сукно устанавливается и поддерживается в рабочем положении с помощью сукноведущих, сукнонатяжных, сукноразгонных и сукноправильных валиков. Основное назначение сукон – предохранение структуры полотна бумаги от раздавливания во время прессования, впитывание влаги, транспортирование непрочного (слабого) сырого полотна в прессе и его передача в следующий пресс. Для промывки прессовых сукон применяются сукномойки.

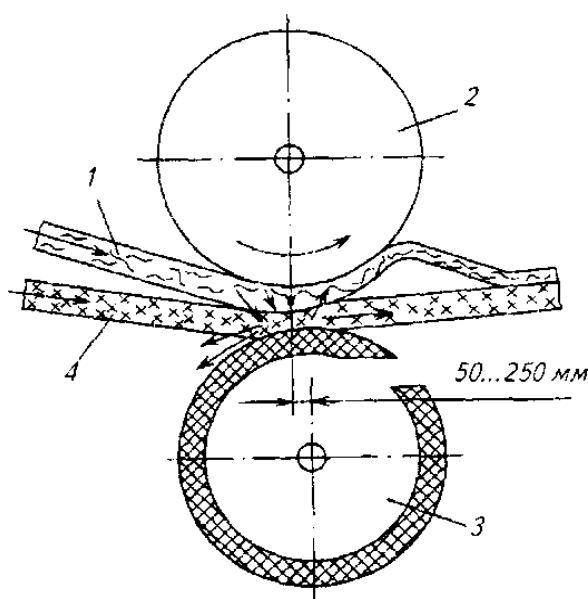


Рис. 2.39. Схема расположения валов обычного двухвального пресса:

- 1 – бумажное полотно;
- 2 – верхний вал;
- 3 – нижний вал;
- 4 – прессовое сукно



При проходе пресса бумага одной стороной лежит на сукне и получает от него маркировку, а другой – соприкасается с верхним гладким валом. В результате одна сторона бумаги сглаживается, а другая нет. Для сглаживания ее поверхности часто устанавливают обратный пресс, в котором сторона бумаги, соприкасавшаяся в предыдущем прессе с сукном, контактирует с гладким валом пресса. Для интенсификации процесса прессования бумаги вместо обычных прессов устанавливают отсасывающие и сдвоенные прессы. Каждый из этих прессов приводится в движение индивидуальным приводом.

На прессах бумажное полотно последовательно обезвоживается до сухости 30...42 %. Для интенсификации обезвоживания полотна в прессовой части применяют прессы с желобчатыми валами и повышенным линейным давлением между ними. Важное значение для обезвоживания полотна имеют надлежащий подбор сукон и их кондиционирование. Бумажное полотно, сформованное в сеточной части, автоматически вакуум-пересасывающим устройством передается на сукно прессовой части. Современные конструкции комбинированных многоваловых прессов обеспечивают прохождение бумаги без свободных участков (участков, где полотно бумаги не поддерживается сукном), что обеспечивает безобрывную проводку бумаги в прессовой части.

Прессовать бумажное полотно нужно при постепенно возрастающем линейном давлении от 176 до 784 Н/см. Это обеспечит сохранение его структуры. При повышении скорости машины длительность прессования сокращается, и степень обезвоживания бумажного полотна уменьшается.

Во время прессования бумажное полотно не только обезвоживается, но и уплотняется. При этом увеличиваются площадь контакта и силы сцепления между волокнами. Кроме того, изменяется ряд свойств бумаги: растет плотность, снижаются пористость, воздухопроницаемость и впитывающая способность, увеличивается механическая прочность на разрыв, излом и продавливание, повышается прозрачность и др.

Прессовая часть бумагоделательной машины должна работать с максимальной нагрузкой, так как повышение на 1 % сухости бумажного полотна после прессов снижает расход пара на 5 % и позволяет уменьшать число сушильных цилиндров в сушильной части машины на 4...5 %. Кроме того, обезвоживание бумажного полотна в сушильной части в 10...12 раз дороже, чем в прессовой, и в 60...70 раз дороже, чем обезвоживание на сетке.

Сеточную и прессовую части машины называют «мокрой» частью. Из общего количества воды, удаляемой из бумажного полотна на машине, на сеточную часть приходится 94...96 %, на прессовую 3...4 %. Дальнейшее обезвоживание (сушка) бумажного полотна происходит в сушильной части машины.

### 2.2.9. Сушка бумажного полотна

Сушильная часть бумагоделательной машины служит для окончательного обезвоживания полотна бумаги испарением влаги. Сушильная часть состоит из сушильных цилиндров, расположенных в два яруса в шахматном порядке. Сушильный цилиндр – это полый стальной цилиндр диаметром 1500 или 1800 мм, изнутри обогреваемый паром. Поверхность цилиндров, как и прессовых валов, имеет высокую степень обработки – она отшлифована и отполирована. Цилиндры рассчитаны на рабочее давление 0,35 МПа. Число цилиндров зависит от вида вырабатываемой бумаги и скорости машины. Для выработки конденсаторной бумаги бумагоделательные машины имеют 5...6 цилиндров, а для выработки газетной и мешочной бумаги у быстроходных машин число цилиндров доходит до 80. Сушильная часть обычно разделяется на 3...5 групп. Каждая группа включает определенное число бумагосушильных цилиндров, охватываемых сушильным сукном, сукносушильных цилиндров и сукноведущие, сукнонатяжные и сукноправильные валики. Разделением сушильной части на группы достигается возможность регулирования температуры поверхности цилиндров каждой группы и, следовательно, обеспечение необходимого режима сушки в зависимости от вида вырабатываемой бумаги. Индивидуальный привод каждой группы или двух групп цилиндров облегчает согласование скоростей соседних групп цилиндров для обеспечения безобрывности в сушильной части. Схема прохождения бумаги в сушильной части бумагоделательной машины представлена на рис. 2.40.

Сушильные сукна служат для плотного прижатия бумаги к поверхности цилиндров, впитывания удаляемой влаги и транспортировки бумажного полотна по сушильной части машины. В рассматриваемой бумагоделательной машине сушильная часть состоит из 50 сушильных цилиндров, разделенных на четыре группы.

В бумагоделательных машинах большой производительности сушильная часть полностью закрыта колпаком, служащим для более эффективного использования системы приточно-вытяжной вентиляции.

Назначение вентиляции – удалять пар, регенерировать тепло отходящей при сушке парогазовой смеси, уменьшать потери тепла, снижать расход пара на сушку бумаги до 20 %, повышать производительность сушильной части на 15...20 %, улучшать санитарные условия труда рабочих, обслуживающих бумагоделательную машину.

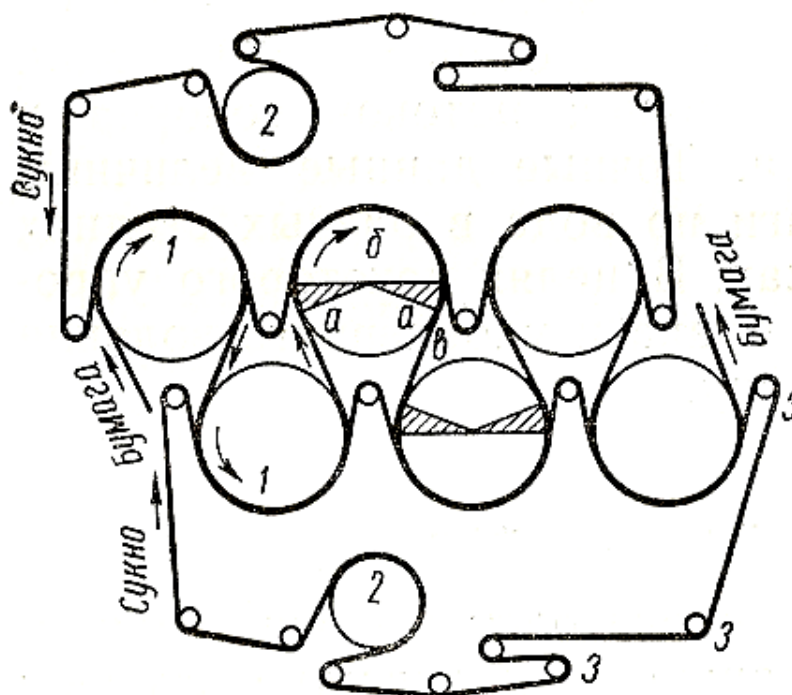


Рис. 2.40. Схема прохождения бумаги в сушильной части бумагоделательной машины:

- $a$  – бумага на цилиндре, не покрытая сукном;  $b$  – бумага на цилиндре, покрытая сукном;  $в$  – участок свободного хода бумаги;
- $1$  – бумагосушильные цилиндры;  $2$  – сукносушильные цилиндры;
- $3$  – сукноведущие валики

В сушильной части бумагоделательной машины бумажное полотно обезвоживается до конечной сухости 92...95 %. В процессе сушки удаляется 1,5...2,5 л воды на 1 кг бумаги, что примерно в 50...100 раз меньше, чем на сеточной и прессовой частях машины. При сушке одновременно происходит дальнейшее уплотнение и сближение волокон. В результате повышаются механическая прочность и гладкость бумаги. От режима сушки зависят плотность, впитывающая способность, воздухопроницаемость, прозрачность, усадка, влагопрочность, степень проклейки и окраска бумаги.

Бумажное полотно, проходя по сушильным цилиндрам, поочередно соприкасается с нижними и верхними цилиндрами то одной, то

другой своей поверхностью. Для лучшего контакта между цилиндрами и бумагой и облегчения заправки применяют сушильные сукна (сетки), охватывающие сушильные цилиндры примерно на  $180^\circ$ .

Сушка бумаги на сушильном цилиндре состоит из двух фаз: на нагретой поверхности цилиндра под сукном и на участке свободного хода, т. е. когда бумажное полотно переходит с одного цилиндра на другой. В первой фазе, под сукном, испаряется основное количество влаги: на тихоходных машинах до 85 %, на быстроходных до 75 % всей влаги, испаряемой в сушильной части машины. Во второй фазе на участках свободного хода влага испаряется с обеих сторон бумаги за счет тепла, поглощенного бумагой в первой фазе сушки. При этом бумага в зависимости от скорости машины претерпевает понижение температуры на  $4...15^\circ\text{C}$ . При падении температуры снижается скорость сушки, особенно на тихоходных машинах, так как на них падение температуры полотна бумаги больше, чем на быстроходных. С повышением скорости машины количество испаряемой воды на участке свободного хода бумаги увеличивается. С уменьшением количества воды в бумажном полотне интенсивность сушки на свободном участке понижается.

Температуру сушильных цилиндров повышают постепенно, что способствует улучшению качества бумаги и завершению процесса проклейки. В конце сушильной части температуру поверхности цилиндров снижают, так как высокая температура при небольшой влажности бумаги действует на волокна разрушающе. При выработке некоторых видов бумаги из 100 %-ной сульфатной целлюлозы, например мешочной, температуру последних цилиндров не снижают.

Температурный режим сушки устанавливают в зависимости от вида вырабатываемой бумаги. Для выработки большинства видов температура сушильных цилиндров составляет  $100...115^\circ\text{C}$ , а для некоторых видов –  $80...100^\circ\text{C}$ . Повышение температуры сушильных цилиндров ускоряет процесс сушки. Следовательно, сушку нужно вести при максимально допустимой температуре, при которой не ухудшается качество бумаги.

Для интенсификации сушки в сушильной части применяют закрытые колпаки скоростной сушки с сопловым обдувом бумажного полотна горячим воздухом. Особенно значителен эффект на скоростных машинах.

Имеются модификации многоцилиндровых сушильных устройств. Одно из них – сушильное устройство «*yankée*», которое представляет собой единственное большого диаметра сушильное устройство,

имеющее полированную, гладкую поверхность. Когда бумага высыхает, соприкасаясь с полированной поверхностью, одна сторона приобретает высокую степень отделки, называемую «*машинное глазирование*». Тиссю и крепированная бумага также высушиваются на единственном, большого диаметра сушильном устройстве и снимаются с него для обработки, которая представляет собой крепирование и смягчение.

Высококачественные ценные и писчие бумаги являются бумагами воздушной сушки. Сухой воздух с небольшим напором или без него подается на поверхность полотна. Бумага передается из бумагоделательной машины в сыром состоянии и фестонами проходит через воздух с высокой температурой. Поскольку усадка может происходить без ограничений во всех направлениях, то получается легкоузнаваемая отделка воздушной сушки, или *морщение*.

### 2.2.10. Отделка бумажного полотна

*Отделка* бумаги или реже картона осуществляется одновременно с процессом сушки либо сразу после окончания сушильного процесса для придания бумаге повышенных значений показателей уплотнения, гладкости, лоска, растяжимости, прочности поверхности, водонепроницаемости, повышения способности к дальнейшей отделке и облагораживанию, производимым вне машины [25], [26].

Оборудование для отделки бумажно-картонных материалов включает в себя полусухой каландр (полусухой пресс), лоцильный цилиндр, клеильный пресс, крепирующие и микрокрепирующие устройства, холодильные цилиндры, устройства для увлажнения бумаги, машинный каландр, мягкий каландр (софт-каландр), встроенные каландры (аналоги суперкаландра), устройства для намотки (накаты) бумаги и картона в рулоны, для перемотки, разрезки на листы, подрезки, сортировки, освидетельствования и упаковки.

В зависимости от назначения машины, требуемой степени отделки и вида бумаги используют те или иные виды оборудования и отделки.

*Полусухой каландр* устанавливают на бумагоделательных машинах малой и средней скорости в сушильной части в дополнение к машинному каландру для дополнительного уплотнения бумаги.

*Лоцильный цилиндр* устанавливают при получении бумаги с односторонней гладкостью. При сушке бумаги влажное бумажное полотно на каждом бумагосушильном цилиндре приходит в тесный

контакт с горячей шлифованной поверхностью цилиндра. При этом выглаживается соприкасаемая с цилиндром поверхность бумаги. В том случае, если бумага соприкасается с горячей поверхностью только одного большого цилиндра, становится гладкой только одна ее сторона, а другая остается шероховатой. Такой метод сушки используется в производстве различных видов бумаги односторонней гладкости (афишной, спичечной, писчей, бланочной, декоративной мебельной, некоторых видов оберточной и мешочной бумаги). Другие виды бумаги и картона односторонней гладкости изготавливаются на традиционных бумагоделательных машинах с предварительной сушильной частью, после которой следует *лощильный* (гладильный) цилиндр большого диаметра, к горячей поверхности которого под сушном с помощью обрезиненного прижимного валика прижимается выглаживаемая бумага. При этом бумага приобретает гладкость и лоск.

*Крепирование и микрокрепирование* бумаги – особые виды отделки, которые заключаются в изменении структуры бумаги с приданием ее поверхности складок. При крепировании складки видны, а при микрокрепировании практически незаметны. При этом бумага приобретает повышенное удлинение при растяжении.

Крепирование бумаги осуществляется непосредственно на бумагоделательной машине, либо на Янки-цилиндре, либо на специальном *крепярующем* цилиндре. Крепирование осуществляется шабером, укрепленным на сушильном цилиндре и собирающим на влажной бумаге складки, которые остаются после ее высушивания.

В результате крепирования в бумаге уменьшается число межволоконных связей и повышается подвижность элементов структуры бумаги. Благодаря этому повышается растяжимость и мягкость бумаги, ее эластичность, пухлость и впитывающая способность. Сопротивление разрыву бумаги при этом несколько снижается.

Крепированную бумагу применяют для декоративных, санитарно-гигиенических целей и в качестве упаковочных материалов.

Микрокрепирование используется, главным образом, для мешочной бумаги. Микрокрепированная мешочная бумага обладает большей динамической прочностью, что позволяет сократить число слоев в многослойных мешках при сохранении их потребительских свойств. Метод микрокрепирования может быть полезен при изготовлении бумаги – основы для парафинирования и битумирования.

*Охлаждение и увлажнение бумаги перед каландрированием.* Сушильная часть машины заканчивается зоной охлаждения бумаги на одном или двух холодильных цилиндрах. Обычно для этой цели

применяют сушильные цилиндры, в которые вместо пара подается холодная проточная вода.

Специальные устройства в сеточной, прессовой и сушильной частях современных машин обеспечивают требуемую равномерную по всей ширине влажность бумажного полотна. Однако на большинстве действующих бумагоделательных машинах это обеспечить не удастся, и для предотвращения появления переувлажненных полос бумаги ее обычно пересушивают, а затем увлажняют на холодильных цилиндрах. Увлажнение бумаги на 1,0...2,5 % происходит вследствие конденсации влаги из горячего водонасыщенного воздуха на соприкасающейся с бумагой холодной поверхности цилиндров. Волокна поверхностных слоев увлажненной бумаги приобретают пластичность и легко поддаются деформации между валами каландра, в результате чего существенно повышаются гладкость и плотность бумаги.

Иногда проводят дополнительное увлажнение бумаги мокрым сукном, прижимающим бумагу к холодильному цилиндру, или паром высокого давления (около 7 МПа). При этом в струю пара с помощью игольчатого клапана впрыскивается холодная вода в соотношении 1:5, которая увлажняет бумагу.

Наилучший эффект каландрирования обеспечивается повышением поверхностной, а не общей влажности бумаги. При этом как чрезмерно сухая, так и избыточно влажная бумага ведут к повышению обрывности на каландрах. В последнем случае наблюдается также потемнение бумаги, появление на ее поверхности залощенных пятен. Гладкость такой бумаги при хранении снижается.

Основным видом *машинных каландров* являются многовальные с расположением 3...10 валов в вертикальной плоскости. При относительно большом количестве конструкций различают две основных: 1) с закрытыми А-образными станинами; 2) с открытыми Г-образными или прямыми станинами (открытого типа) (рис. 2.41, а–в).

Свойства бумаги при каландрировании существенно изменяются: увеличиваются гладкость и лоск бумаги, снижается воздухопроницаемость, абсорбция масла, разносторонность. В то же время увеличивается плотность (удельная масса), уменьшается толщина, жесткость, сжимаемость, белизна, иногда степень проклейки и прочность.

*Мягкие каландры (софт-каландры, суперкаландры). Суперкаландрирование* – особая отделочная операция. В отличие от каландра бумагоделательной машины, где все валы сделаны из металла, в суперкаландре металлические перемежаются с мягкими, эластичными валами (рис. 2.42). Эластичные валы состоят из материала с высокой

сжимаемостью или обтянуты бумагой с гладкой поверхностью. Под давлением твердые металлические валы вдавливаются в эластичные валы. При вращении валов в зоне контакта материал на эластичном валу проскальзывает в попытке вернуться к своему исходному состоянию. Очень похоже на глажение утюгом на доске. Это относительное движение мягкого вала по металлическому валу оказывает полирующее действие на поверхность бумаги, когда она проходит через зону контакта. На процесс выглаживания влияют те же основные факторы, что и в случае с утюгом: влажность полотна, температура металлического вала и давление между валами.

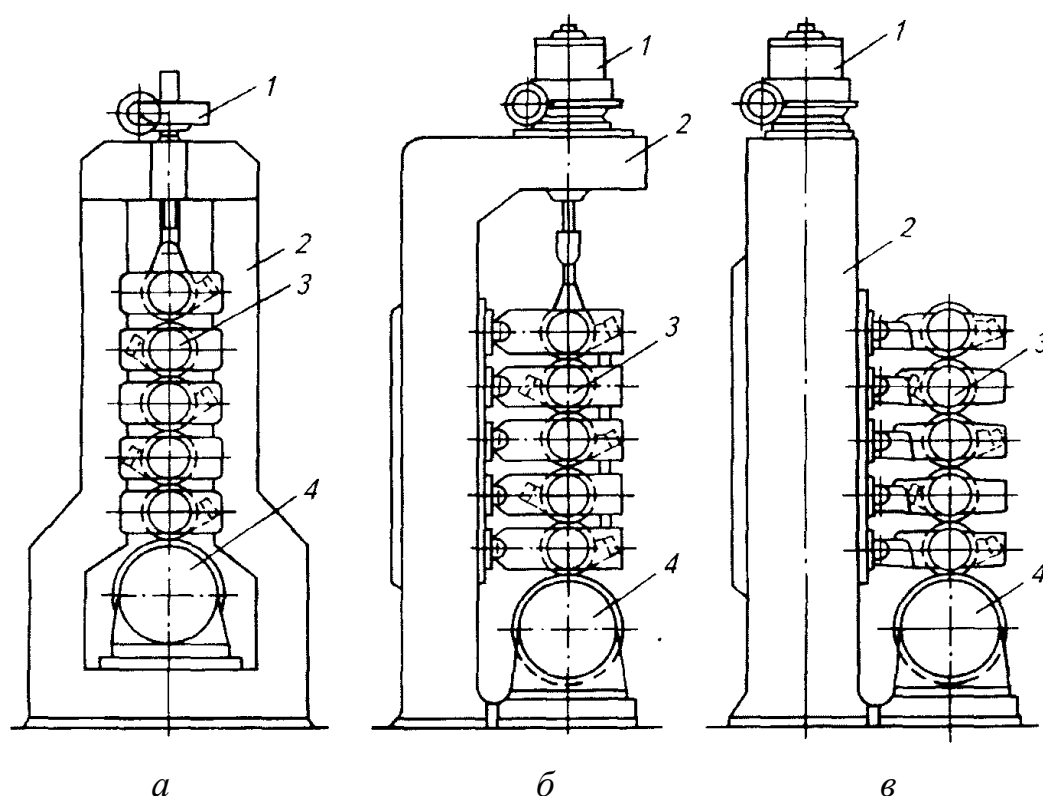


Рис. 2.41. Схемы разных типов машинных каландров:

- а* – с закрытыми станинами; *б* – с открытыми станинами и консольным закреплением механизма прижима и подъема валов;  
*в* – с открытыми станинами и встроенным механизмом вылегчивания валов;  
 1 – механизм прижима и подъема валов; 2 – станина;  
 3 – промежуточные валы; 4 – нижний (коренной) вал

*Устройства для намотки (накаты).* На конце бумагоделательной машины располагается накат, осуществляющий наматывание бумаги в рулоны. Основным требованием к накату является равномерная и достаточно плотная намотка бумаги, необходимая для ее резки, транспортировки, хранения, обработки и переработки. Рулоны слабо



и неравномерно намотанной бумаги теряют свою цилиндрическую форму, что вызывает обрывы при ее переработке, а в слишком туго намотанных рулонах возникают внутренние напряжения, которые также влекут частые обрывы бумаги при дальнейшей переработке.

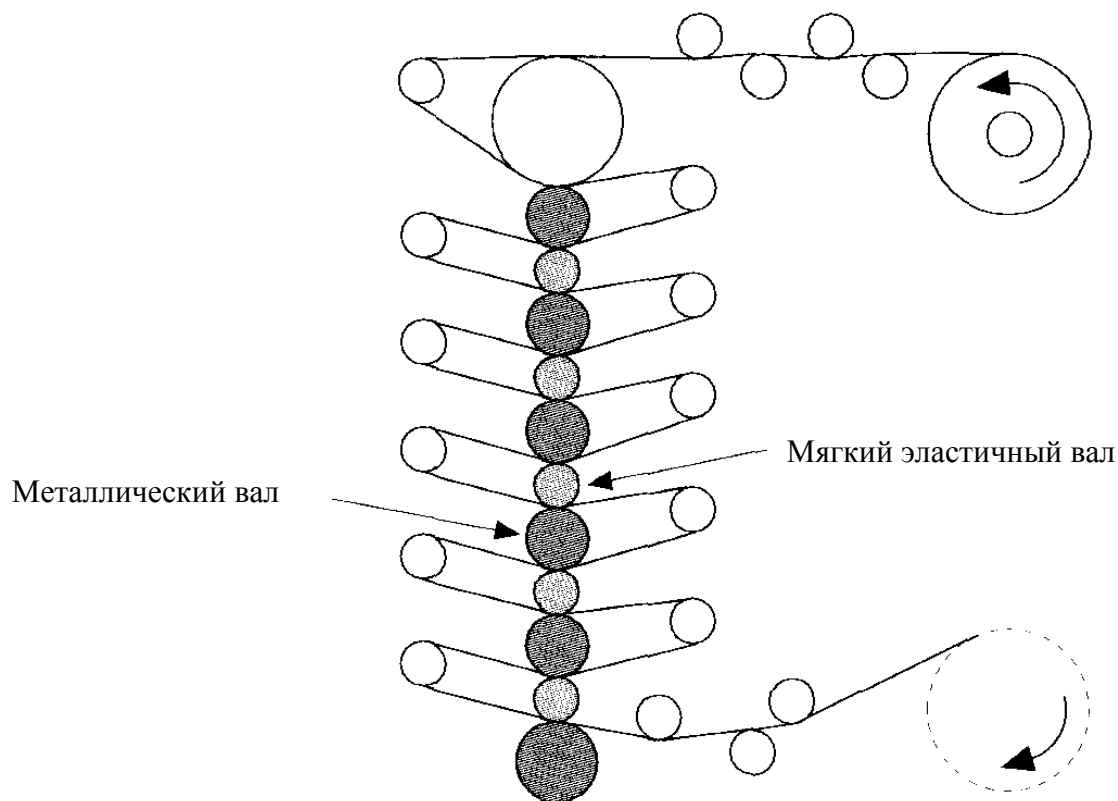


Рис. 2.42. Схема суперкаландра

По принципу наматывания бумаги различают два типа наката: *осевой* (центральный) и *периферический* (барабанный).

*Осевые накаты* применяются на тихоходных машинах со скоростью 180...200 м/мин. Основным их достоинством является возможность разрезания полотна бумаги и намотка нескольких рулонов требуемого формата. Это исключает необходимость применения дорогого и энергоемкого продольно-резательного станка.

*Периферический накат* применяют на всех современных высокоскоростных машинах. Достоинством является равномерная и плотная намотка при любой скорости и ширине бумагоделательной машины при меньшем напряжении бумажного полотна.

После наката бумагоделательной машины рулоны могут быть направлены на продольно-резательный или перемотно-резательный станок для нарезки на нужную ширину, упаковки и отгрузки или могут быть отправлены на дополнительную отделку.

Перемотка используется для дальнейших операций, таких, как перемотка и продольная резка на меньшую ширину и специальные диаметры, намотка на гильзу специальной конструкции, и для операций, неэффективных при намотке в бумагоделательной машине. Для хорошей производительности рулонной печати тщательная перемотка является необходимой операцией.

*Контрольная перемотка бумаги* используется, чтобы перемотать рулон, удалить дефекты бумаги, склеивания и другие дефекты, а также для контроля качества бумаги. Рулоны упаковываются автоматическим погрузочным, транспортирующим и упаковочным оборудованием.

Рулоны перерабатываются в листы на листорезательном устройстве, которое состоит из одно- или многорольной зарядки, вращающейся резательной секции, а также листоукладчика, где листы собираются в стопу и встряхиваются.

Имеется два типа ротационных резательных устройств.

*Одноножевое ротационное резательное устройство* имеет неподвижный контрнож и второй нож, вмонтированный во вращающийся цилиндр. Когда вращающийся нож контактирует с контрножом, он разрезает бумажное полотно сдвигающим усилием.

*Двухножевое ротационное резательное устройство* имеет два ножа, каждый монтируется на цилиндрах, которые вращаются синхронно с полотном только в момент разрезания. Когда два ротационных ножа контактируют, они движутся со скоростью полотна и сдвигающим усилием режут полотно. Размер среза или длина листа определяется скоростью вращения ножей относительно скорости полотна. Ширина листа определяется расстоянием между дисковыми ножами в устройстве продольной резки. Разрезанные листы направляются конвейером к листоукладчику.

Бумага подрезается на *резательной машине гильотинного типа*. Тенденцией в развитии резательных устройств является замена гильотинных резательных машин *прецизионными* листорезательными устройствами. Прецизионные листорезательные устройства разрезают листы с высокой точностью, какую невозможно получить на обычных резательных машинах. У бумаги, разрезанной на прецизионных резательных устройствах, нет «*block of ice*» (*пыления кромок*), появляющихся у бумаги, разрезанной на гильотинных машинах, и она имеет более равномерные размеры листа. Сортируются и отбраковываются листы автоматически во время резки. Заключительной операцией для листовой бумаги является упаковка в пакеты или коробки.

## 2.3. Технологии изготовления картона

Картон изготавливается на картоноделательных машинах. Картон может выпускаться однослойным, с покровным слоем, и многослойным. Конструкция машин для выпуска однослойного картона ничем не отличается от бумагоделательных машин, но они мощнее [27], [28].

Для производства картона с покровным слоем над сеточным столом устанавливается еще один напорный ящик (он находится над отсасывающими ящиками). Покровный слой делается либо из другой композиции, либо из такой же композиции, но более высокого помола. Ряд свойств картона (например, прочность) зависит от свойств наружного слоя, особенно для многослойного картона. Многослойный картон массой  $1 \text{ м}^2$  приблизительно 400...500 г может вырабатываться в рулонах (толщина такого картона не более 0,5 мм).

Многослойный картон толщиной 1 мм и выше вырабатывается в листах. Исторически сначала стали вырабатывать листовой картон (300 лет назад, при Петре I).

Толстые картоны режут сразу на листы в мокром виде до прессования, а потом сушат.

Подготовка массы для картона состоит из тех же стадий, что и для бумаги. Отличие только в том, что для большинства видов картона используются волокна более грубые и прочные.

### 2.3.1. Изготовление многослойного листового картона на папочной машине

Основным формующим элементом папочной машины является сеточный цилиндр, погруженный в ванну с волокнистой суспензией (рис. 2.43). Формование бумажного слоя на сеточном цилиндре происходит за счет фильтрации суспензии через сетку цилиндра: вода проникает внутрь цилиндра, а волокна задерживаются на сетке, формируя тонкий волокнистый слой (*папку*). Внутри цилиндра слив устроен таким образом, чтобы можно было поддерживать уровень жидкости внутри ниже, чем в ванне. За счет этого создается гидростатический напор. При вращении цилиндра на его поверхности откладывается слой волокна. С помощью съемного валика сукном снимается тонкий слой и отводится на форматный вал для намотки на него необходимого количества слоев. Вдоль вала имеется канавка, по которой обрезается лист.

Машина также снабжена сукномойкой для сукна. Для увеличения производства (минимум вдвое) устанавливают еще сеточный

цилиндр. Масса мокрого слоя на сеточном цилиндре обычно составляет  $30 \dots 120 \text{ г/м}^2$ , наиболее рациональная величина должна составлять  $50 \dots 60 \text{ г/м}^2$ . Концентрация волокнистой суспензии в ванне может варьироваться в пределах  $0,1 \dots 0,3 \%$ .

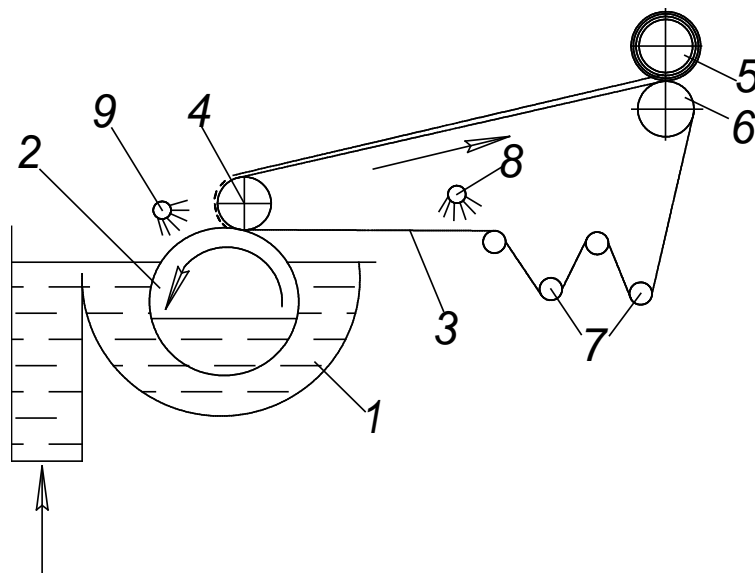


Рис. 2.43. Схема папочной машины для листового картона:  
1 – ванна; 2 – сеточный цилиндр; 3 – съемное сукно; 4 – съемный валик;  
5 – форматный вал; 6 – приводной вал; 7 – сукноведущие валики;  
8 – спрыск; 9 – спрыск для промывки сетки

На папочной машине для прессования используют гидравлические прессы. Чаще всего прессуют пачку, режим прессования зависит от качества и толщины картона.

После прессования картон направляют на сушку. Для сушки картона используют сушилки двух типов: *камерные* и *роликовые*.

Листовой многослойный картон можно получать и на плоскосеточной машине. Используется плоская сетка и затем форматный вал. Одновременно в плоский пресс входят три листа. На форматном валу имеется прорезь с ножом, с помощью которого отрезаются листы картона. Анизотропия показателей прочности на круглосеточной машине выше, чем на плоскосеточной, но на плоскосеточной машине картон получается более пухлым.

### 2.3.2. Изготовление многослойного ролевого картона

Для изготовления ролевого картона применяют многоцилиндровые, плоскосеточные и комбинированные картоноделательные машины, имеющие мокрую, сушильную и отделочную части.

Многоцилиндровые картоноделательные машины применяют для изготовления многослойного картона массой от 200 до 1200 г/м<sup>2</sup>. Машины имеют до восьми сеточных цилиндров. Многослойный ролевой картон состоит из нескольких элементарных слоев; он значительно прочнее, чем картон такой же толщины, изготовленный отливом одного слоя на плоскосеточной машине. Схема круглосеточной картоноделательной машины представлена на рис. 2.44.

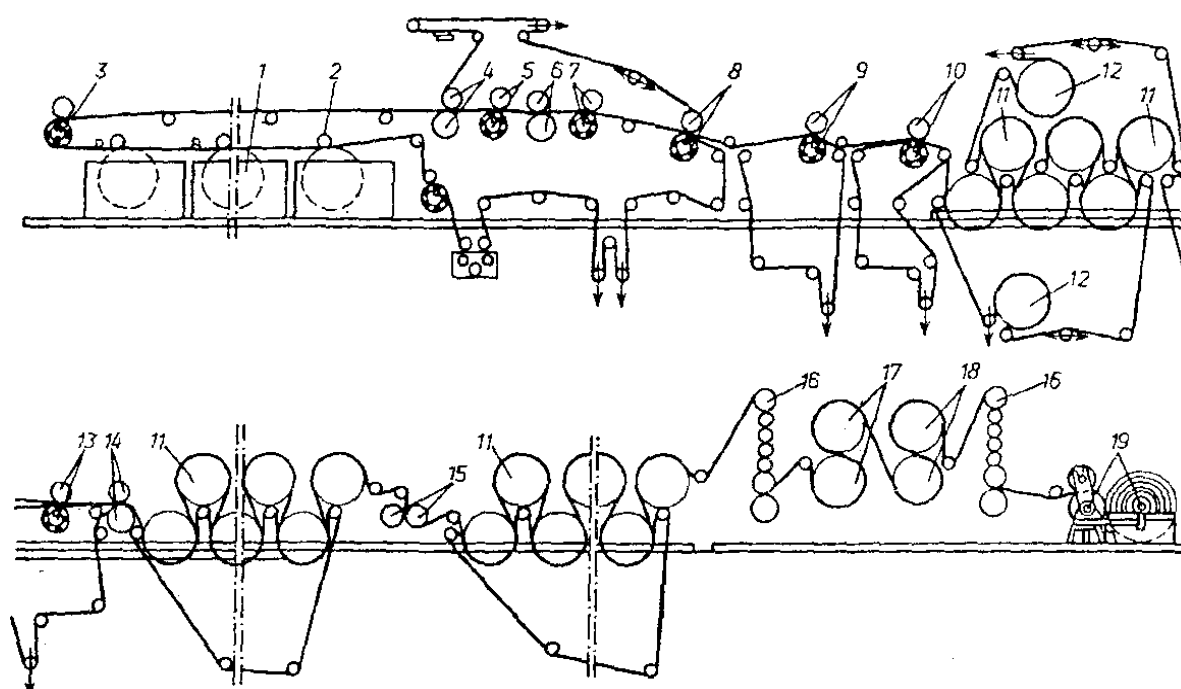


Рис. 2.44. Картоноделательная круглосеточная машина:

1 – ванна с цилиндрами; 2 – прижимный валик; 3 – поворотный вал; 4, 6 – предварительные обычные прессы; 5, 7 – предварительные отсасывающие цилиндры; 8 – отсасывающий гауч-вал; 9, 10, 13 – первый, второй и третий отсасывающие прессы основной прессовой части; 11 – картоносушильные цилиндры; 12 – сукносушильные цилиндры; 14 – сглаживающий пресс; 15 – клеильный пресс; 16 – каландр; 17 – досушивающие картоносушильные цилиндры; 18 – холодильные цилиндры; 19 – периферический (барабанный) накат

Сеточная часть машины состоит из восьми ванн с сеточными цилиндрами диаметром по 1500 мм. Предварительная прессовая часть состоит из двух обычных, двух отсасывающих прессов и отсасывающего гауч-пресса. Основная прессовая часть включает три отсасывающих прессы и сглаживающий пресс. Между вторым и третьим отсасывающими прессами расположены шесть картоносушильных и два сукносушильных цилиндра. Основная сушильная часть имеет закрытый колпак. Между каландрами установлены два картоносушильных и два холодильных цилиндра.

Между 36-м и 37-м цилиндрами установлен клеильный пресс для проклейки картона с поверхности. Машина оснащена двумя 8-вальными каландрами и накатом барабанного типа. Заправка полотна картона в прессовой части пневматическая, в сушильной части – автоматическая.

## 2.4. Классификация бумаго- и картоноделательных машин

Все бумагоделательные машины имеют три основные части: мокрую, или формующую (сеточную) часть, прессовую и сушильную части. Используемые бумагоделательные машины можно объединить в четыре группы: столовые, цилиндровые, комбинированные и двух-сеточные.

*Столовые (плоскосеточные)* машины (рис. 2.45) отличаются друг от друга размерами сеточного стола, количеством и типом прессов, количеством сушильных цилиндров в приводной группе, типом отделочного оборудования, рабочей скоростью, производительностью, удельным съемом бумаги с сетки, типом привода и другими особенностями.

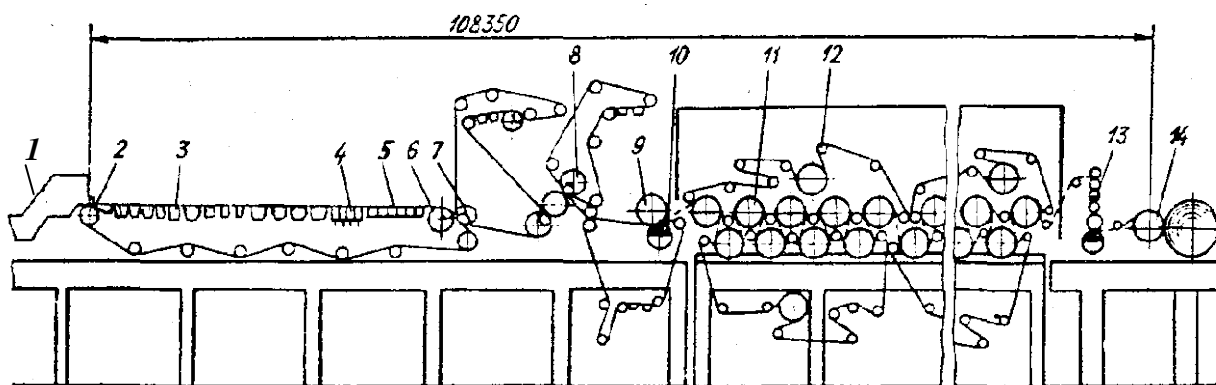


Рис. 2.45. Схема плоскосеточной бумагоделательной машины Б-15:

- 1 – напорный ящик; 2 – грудной вал; 3 – гидропланки; 4 – мокрый отсасывающий ящик; 5 – отсасывающий ящик; 6 – отсасывающий гауч-вал;
- 7 – пересасывающее устройство; 8 – отсасывающий прессовый вал;
- 9 – гранитный вал; 10 – прессовый вал с регулируемым прогибом;
- 11 – сушильный цилиндр; 12 – сукноведущий вал; 13 – валы каландра с регулируемым прогибом; 14 – цилиндр наката

*Цилиндровые (круглосеточные)* машины (рис. 2.46). В отличие от длинносеточной бумагоделательной машины, где волокнистая суспензия для формирования листа накладывается на длинную сетку,

в цилиндрических сеточных бумагоделательных машинах она зачерпывается вращающейся в волокнистом веществе цилиндрической сеткой.

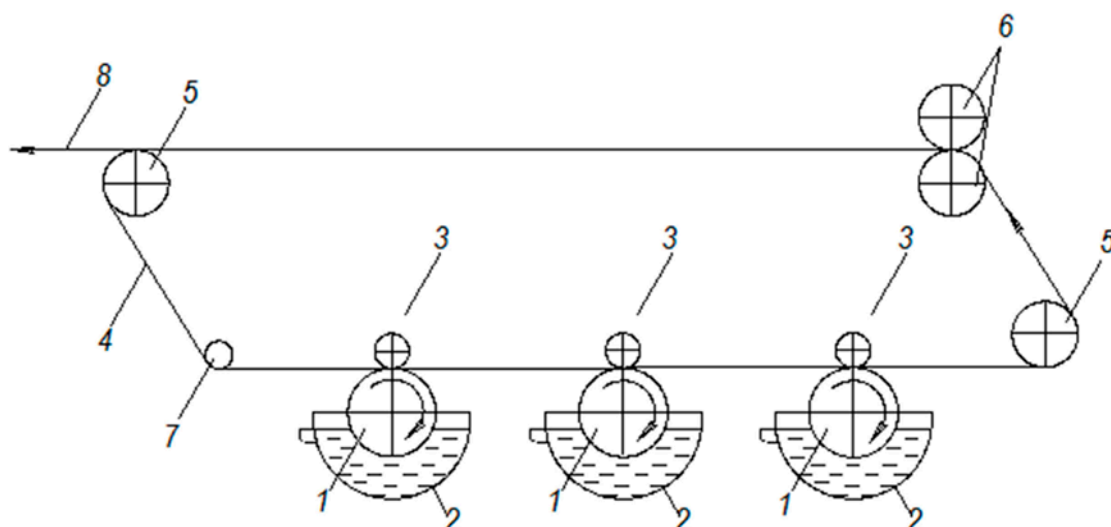


Рис. 2.46. Схема работы круглосеточной бумагоделательной машины для производства многослойного картона:

1 – сеточный цилиндр; 2 – бассейн с волокнистой суспензией;  
3 – отжимные валики; 4 – отжимное сукно; 5 – прижимной валик;  
6 – прессующий валик; 7 – направляющий валик; 8 – бумажное полотно

Вода удаляется через слив во внутреннюю полость цилиндрической сетки. Цилиндрические сеточные бумагоделательные машины предназначены для производства многослойной бумаги или картона, которые могут насчитывать до десяти отдельных слоев с большой массой  $1 \text{ м}^2$ . При этом слои сводятся в единое полотно на непрерывно вращающемся бесконечном отжимном сукне при последовательном присоединении их посредством большого числа сетчатых цилиндров внутри машины.

При использовании цилиндрических машин появляется возможность для выбора композиции каждого отдельного слоя, т. е. для внутренних слоев используются относительно низкосортные и дешевые полуфабрикаты, а для наружных слоев – полуфабрикаты и материалы, обеспечивающие высокий товарный вид.

*Комбинированные машины* (рис. 2.47) представляют собой объединение столовой и цилиндрической машин и применяются для производства многослойных картонов с облагороженным поверхностным слоем.

*Двухсеточные формующие машины* с формированием бумаги на устройствах с двусторонним обезвоживанием (рис. 2.48). В настоящее время происходит переход от классического отлива бумажного полотна на плоской сетке к двустороннему обезвоживанию, которое

позволяет увеличить мощность агрегатов и получать лист бумаги, обе стороны которого обладают одинаковыми свойствами (что важно для бумаги, предназначенной для печати).

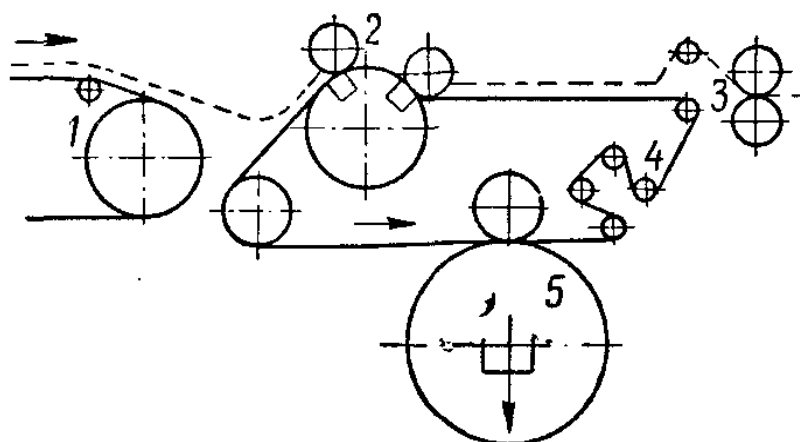


Рис. 2.47. Схема комбинированной картоноделательной машины с одним сеточным цилиндром:

1 — сеточный стол; 2 — двоянный пресс; 3 — обычный пресс;  
4 — съемное и прессовое сукно; 5 — сеточный цилиндр

Двухсеточная формующая машина использует две сходящиеся бумагоделательные машины, между сетками которых лист формируется и через которые вода отделяется с обеих сторон листа во время их образования. Они работают со скоростью много большей, чем плоскосеточные, и делают бумагу сеточной с двух сторон.

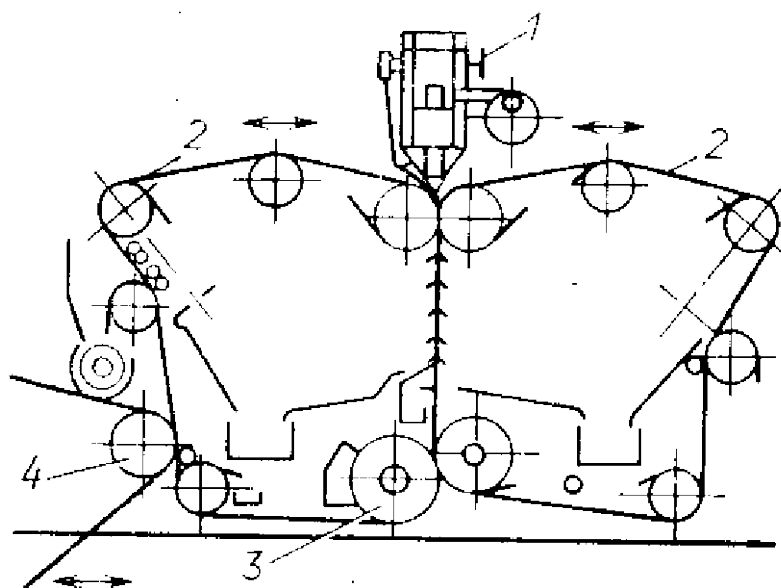


Рис. 2.48. Схема установки двухсеточного формования:  
1 — напорный ящик; 2 — сетка; 3 — отсасывающий гауч-вал;  
4 — пересасывающий вал



В другой конструкции, с *верхнесеточным* формованием, бумага вначале формируется на плоской нижней сетке 1 (рис. 2.49). Затем сформованный слой поступает в зону контакта с верхней сеткой 2. Таким образом происходит обезвоживание бумажного полотна с двух сторон.

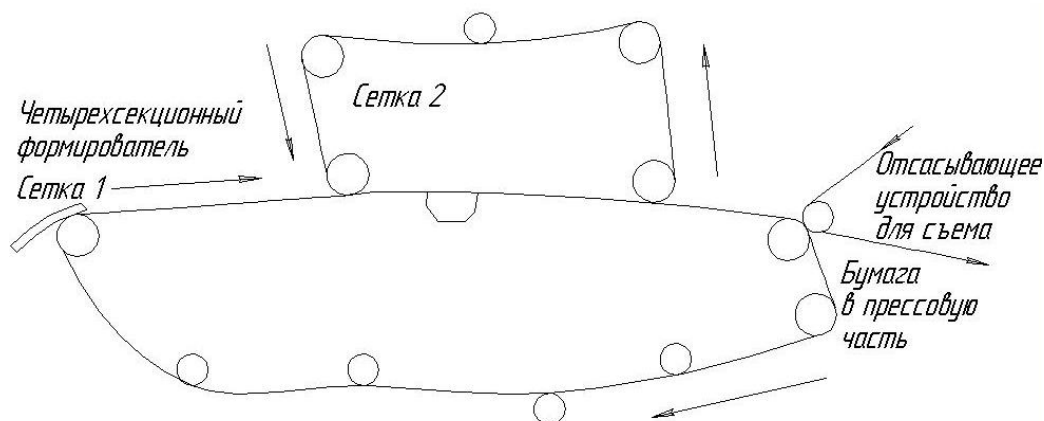


Рис. 2.49. Схема с верхнесеточным формованием

Комбинация натяжения сетки и центробежной силы, когда сетки проходят выше изогнутого формующего вала, а также вакуумными отсасывающими ящиками, вызывает направленное вверх обезвоживание верхней стороны бумажного полотна, когда оно помещается в середине между сходящимися сетками.

Основные параметры, характеризующие бумагоделательные и картоноделательные машины, — это ширина вырабатываемой бумаги (мм) и скорость (м/мин). Эти два параметра, а также масса 1 м<sup>2</sup> полотна определяют производительность машины (т/ч, т/сут., тыс. т/год). Бумагоделательные и картоноделательные машины классифицируются по основному параметру — обрезной ширине бумажного полотна. Обрезная ширина полотна бумаги определяется форматом рулонов массовой продукции — 420, 840 или 2100 мм. Формат рулона газетной бумаги — 1680 мм.

## 2.5. Контроль производства бумаги и картона

### Современные методы и средства контроля

Современные методы и средства контроля позволяют осуществлять непрерывный мониторинг многих зависящих от времени факторов, которые влияют на качество бумаги и картона. Скорости бумагоделательных машин достигли больших величин, производительность

их растет пропорционально скорости, и для снижения брака необходимо поддерживать важные для бумаги свойства в допустимых пределах, осуществляя контроль в режиме on-line.

До настоящего времени с каждого снимаемого с бумагоделательной машины тамбура брались достаточной длины образцы и проверялись вне машины, чтобы определить соответствие бумаги требованиям нормативных документов (ГОСТ, ТУ и пр.). За время такой контрольной процедуры между отбором образцов и тестированием при большой скорости бумагоделательной машины могли быть получены тонны бумаги, не соответствующей требованиям. Чтобы исключить возникновение брака из-за недостаточной оперативности процедуры «контроль – корректирующее действие», производители бумаги нуждаются в разработке методов для мгновенного контроля качества.

Увеличение производства бумаги для рулонной печати требует от производителей обеспечения более равномерных её свойств, так как при таком способе печати невозможны проверка и удаление бумаги низкого качества, как это делается во время резания бумаги на листы.

Контроль процесса также необходим, чтобы сократить время на внесение изменений в процесс на высокопроизводительных машинах. В настоящее время используется бесконтактное измерение свойств бумаги по ширине при высокой скорости движения бумажного полотна без нарушений его поверхности. Считывающие приборы постоянно сканируют движущиеся полотна и могут перемещаться назад, вперед и поперек полотна.

Цель качественного контроля – выводить данные о свойствах продукции в виде графика или вводить данные в компьютер для замкнутой системы управления и непрерывного контроля свойств в процессе изготовления бумаги. Действие этих чувствительных датчиков базируется на определенных физических принципах: прохождение *бета-лучей* (потока отрицательно заряженных частиц) через полотно для измерения массы  $1 \text{ м}^2$ , воздействие на проходящее бумажное полотно магнитного поля для измерения толщины, отраженного инфракрасного излучения для определения содержания влаги, поглощение бумагой рентгеновских лучей для анализа ее зольности и прохождение световых лучей через полотно для мониторинга непрозрачности. Среди свойств бумаги, контролируемых в режиме on-line, находятся глянец, яркость, цвет или оттенок, масса покрытия.

Широкий, в режиме on-line, процесс контроля является динамичной, быстро развивающейся технологией и заслуживающим внимания достижением в производстве бумаги, которое должно удовлетворить

возрастающие требования стандартов к печатным свойствам бумаги и постоянству характеристик печатного и отделочного оборудования.

Полностью автоматизированные лаборатории для автономного тестирования бумаги в настоящее время заменяют традиционное, с ручным управлением оборудование для контроля свойств бумаги. Их достоинства заключаются в ускоренной проверке многих свойств бумаги и быстром преобразовании данных контроля в полезные и удобные формы контроля качества, такие, как графики и таблицы, которые распечатываются или выводятся на экран в цвете.

## **Гарантия качества**

Бумага, изготовленная из натуральных сырьевых материалов, не имеет такой однородной структуры, как материалы, подобные стеклу, пластику или металлу. Её свойства могут изменяться от одного участка производства к другому. Бумага имеет ориентацию волокон и двусторонность. Присущее ей непостоянство должно находить отражение в программах контроля и отбора образцов. Эти требования используются при установлении порядка отбора образцов и повторяемости тестов. Качество бумаги оценивается соответствием ее свойств установленным показателям стандартов или других нормативных документов, диктуемым требованиями конечного назначения и требованиями потребителей.

Тесты на обычную продукцию, проводимые современными средствами контроля, часто выводятся в форме таблиц, которые четко показывают соответствие или несоответствие требованиям. Эти записи ежедневного контроля хранятся для будущего использования.

Многие из испытаний делаются с помощью специальных приборов, другие являются объектами визуальных наблюдений и включают сопоставление и распознавание визуальных дефектов бумаги, например, загрязненности, надрыва листов, точности размеров. Бумага для печати также должна быть проверена для оценки пригодности для печати.

Статистический анализ должен использоваться, чтобы определить степень соответствия требованиям, заметить и скорректировать нежелательные отклонения в свойствах бумаги. Анализ рекламаций на качество бумаги и возвратов от покупателей может быть использован отделом контроля качества с большой пользой. Системы контроля качества, как и сами бумагоделательные машины, должны функционировать круглосуточно, сообщая отделу производства о качестве бумаги.

Современные средства позволяют контролировать весь технологический цикл производства бумаги, начиная с проверки качества входящего сырья и заканчивая упаковкой готовой продукции.

## Стандартные методы тестирования бумаги

Большинство бумаг тестируется с помощью специализированных приборов при регламентируемых условиях. В Соединенных Штатах и многих англоговорящих странах технические стандарты и методы тестирования определяются и публикуются Технической ассоциацией целлюлозной и бумажной индустрии (*TAPPI*) (Technical Association for the Pulp, Paper and Converting Industry, Техническая ассоциация целлюлозно-бумажной промышленности США). В некоторых странах существуют свои подобные организации, которые имеют свои стандарты для тестирования бумаги. Международные стандарты (*SI*) учреждены Международной организацией стандартов (*ISO*). Методы тестирования *TAPPI* и *ISO* обычно схожи. Процедура тестирования должна удовлетворять утвержденным принципам, указанным в документе *TAPPI* – «Официальные методы тестирования».

Ассоциация *TAPPI* публикует методы проверки, методы тестирования свойств отдельной бумаги, калибровки и стандартизации приборов для тестирования и процедуры подготовки образцов, которые будут репрезентативны для каждой проверяемой партии. Официальный метод тестирования свойств каждой конкретной бумаги указывается как *TAPPI T*, далее следует его идентификационный номер.

Методы проверки, которые не указаны в «Официальных методах тестирования», но имеют практическое применение, публикуются как *Используемые методы тестирования TAPPI*. Применяемые для тестирования отдельных свойств бумаги методы обозначаются как *TAPPI UM* и далее следует идентификационный номер.

### 3. ВИДЫ БУМАГИ И КАРТОНА

В мировой и отечественной практике классификация бумаги и картона проводится по разным признакам: *целевому назначению, главному потребительскому свойству, особым характеристикам продукции, специфике технологии получения, потребительскому спросу* и др. [27]. В настоящее время нет единой международной системы классификации бумажной продукции.

В Международном стандарте терминов и определений распределение ассортимента бумаги и картона на виды не предусматривается, в документе достаточно бессистемно перечисляются определения отдельных разновидностей продукции.

В аналогичных российских нормативных документах (ГОСТ 17586-80, ГОСТ 17926-80) ассортимент продукции распределяется на классификационные группы. Распределение осуществляется по смешанной системе, в которой основным классификационным признаком является область применения, в отдельных случаях – определяющее потребительское свойство. За основную классификационную единицу принят *вид*, а для конкретизации целевого назначения или потребительского свойства продукция ранжируется на *подвиды* и *марки*. Ниже приведена стандартная классификация бумаги и картона.

#### 3.1. Классификация бумаги

***В соответствии со стандартной классификацией*** бумагу разделяют на группы (ГОСТ 17586-80):

– *бумага для печати*: газетная, типографская, офсетная, для глубокой печати, мелованная, картографическая, документная, обложечная, афишная, билетная, этикеточная, для обоев, для игральные карт;

– *бумага для письма, черчения и рисования*: акварельная, бристолевая, бумажная натуральная калька, ватман, верже, для картотек, для почтовых документов, копировальная, машинописная, писчая для письма чернилами, почтовая, прозрачная чертежная, пропитанная прозрачная чертежная, рисовальная, тетрадная, цветная писчая, чертежная;

– *декоративная бумага*: аэрографная, бархатная, крепированная декоративная, перламутровая, цветная глянцевая, шагреновая, для оклейки переплетов беловых изделий;

– *электротехническая бумага*: изоляционная, электроизоляционная (пропиточная, намоточная, асбестовая, бакелитизированная), кабельная (крепированная, водонепроницаемая, полупроводящая), телефонная, конденсаторная (для электролитических конденсаторов), для электроизоляционных трубок, для оклейки электротехнической стали, электропроводящая, крепированная электротехническая, сепараторная;

– *оберточная и упаковочная бумага*: антикоррозионная, графитная, бандерольная, для упаковки продуктов на автоматах (чая, сахара, фруктов, стеклянной тары, мануфактуры), мешочная, крепированная упаковочная, парафинированная, для упаковки папирос и сигарет, прокладочная (для линолеума, для резиновой обуви), светонепроницаемая для кинофотоматериалов, жиронепроницаемая, биостойкая, битумированная, двухслойная упаковочная, оберточная, растительный пергамент, пергамин, подпергамент;

– *светочувствительная и переводная бумага*: диазотипная позитивная светочувствительная, светочувствительная диазотропная калька, белая переводная, автографская, гумированная для переводных изображений;

– *бумага для изготовления папирос и сигарет*: курительная, мундштучная, фильтрующая мундштучная, папиросная, сигаретная;

– *впитывающая бумага*: для хроматографии и электрофореза, ионообменная для хроматографии и электрофореза, для капельного анализа, промокательная, фильтровальная, быстрофильтрующая, среднефильтрующая, медленнофильтрующая, лабораторная фильтровальная, для фильтрации растворов ацетилцеллюлозы, для фильтрации смазочно-охлаждающих жидкостей;

– *промышленно-техническая бумага разного назначения*: для окиснортутных элементов, для химических источников тока, каландровая, для патронирования, шпульная, шпагатная, для гофрирования, для копирования, биоцидная, бактерицидная, инсектицидная, фунгицидная, для мульчирования, трафаретная, абажурная, для фотоальбомов, для изделий бытового и санитарно-гигиенического назначения (гигиеническая, крепированная медицинская).

**В соответствии с «Общероссийским классификатором продукции ОК005-93»** подкласс бумаги в зависимости от ее назначения разделяется на девять групп (которые в свою очередь подразделяются на подгруппы):

1) бумага для печати (газетная, типографская, офсетная, для глубокой печати, обложечная, форзацная, картографическая, бумага для печати прочная, бумага для обоев);

2) бумага писчая и тетрадная, для черчения, рисования и печатная различного назначения (писчая и тетрадная, чертежная, рисовальная, карточная, билетная, печатная специального назначения: афишная, документная, эстампная);

3) бумага электроизоляционная (кабельная, изоляционная термостойкая, электроизоляционная оксидная, кабельная с малыми диэлектрическими потерями, конденсаторная, электроизоляционная пропиточная и др.);

4) бумага для ручной и машинной упаковки продуктов и различных изделий (этикеточная, пачечная и коробочная, подпергамент, мешочная, специальная упаковочная для производства папирос и сигарет, для промышленного и хозяйственного назначения – отборы от технических видов бумаги);

5) бумага оберточная и упаковочная всех видов (без бумаги для гофрирования): оберточная специального назначения, светонепроницаемая, спичечная и др.;

6) бумага техническая различного назначения (специального назначения, диаграммная, бумага – основа для облицовочных материалов, для хроматографии и электрофореза и др.);

7) бумага-основа (для приборов, для светочувствительной и переводной бумаги, для изделий бумажной промышленности: фильтрующих материалов, клеевой ленты, крепированной, клеенки и др., для фотобумаги, для парафинирования и др.);

8) бумага для аппаратов и приборов (телеграфная, для буквопечатающих аппаратов, электронно-вычислительной техники, контрольно-кассовых машин, машинописная для копий);

9) бумага фильтровальная (специальная, лабораторная, для фильтрования нефтепродуктов и др.).

Еще одна классификация существует **у производителей бумаги и картона**. Согласно ей вырабатываемая продукция подразделяется на массовую, немассовую и специальную.

*К массовым видам* продукции относятся: газетная, писчая, бумага для печати, мешочная, оберточная, основа для гофрирования, санитарно-гигиеническая, картон для гладких слоев гофрированного картона, коробочный картон, картоны кровельный и хром-эрзац.

*К немассовым видам* продукции относятся: конденсаторная, кабельная, электроизоляционная, сигаретная, папиросная, билетная, чертежная, картографическая, этикеточная, обойная бумага, подпергамент, пергамин, основа для парафинирования, а также картоны (электроизоляционный, переплетный, фильтровальный, прессшпан,

калибровочный, облицовочный, каркасный, чемоданный, термошумо-изоляционный).

К специальным видам относится продукция: электроизоляционная термостойкая, химически стойкая бумага, искусственная кожа, реставрационная бумага и др.

Технические преобразования последних десятилетий, в том числе интенсивное внедрение электронной техники и информационных технологий, изменение условий и стиля работы и быта также внесли определенные изменения в ассортимент бумажной продукции. Появился *новый класс бумаг* для офисной техники, а также значительно расширился ассортимент упаковочных видов бумаги, тарного картона, бумаг санитарно-гигиенического и медицинского назначения и некоторых других. Некоторые виды бумаги, в том числе и упаковочные, рассмотрены ниже.

*Газетная бумага (Newsprint)*. Газетные бумаги изготавливаются с большим содержанием древесной массы и используются преимущественно для печатания газет. Для черно-белой печати газетная бумага не имеет поверхностной проклейки, так как требуется высокая впитывающая способность, что позволяет газетной краске быстро закрепляться без воздушной или горячей сушки. Газетная бумага, используемая для качественной многокрасочной печати, — обычно проклеенная, чтобы придать большую прочность и меньшую пылимость поверхности. Качество газетной бумаги может улучшаться также благодаря использованию при ее производстве двухсеточной бумагоделательной машины, которая вырабатывает бумагу с отсутствием различий с двух сторон.

*Немелованная офсетная бумага с содержанием древесной массы (MFS – Machine Finished и SC – Super Calandered)*. Масса 1 м<sup>2</sup> немелованной печатной бумаги с содержанием древесной массы составляет от 30 до 65 г/м<sup>2</sup>. Такая бумага машинной гладкости похожа на газетную бумагу, но имеет более гладкую поверхность и более высокую белизну. Она изготавливается с разным процентным содержанием наполнителей, чтобы улучшить белизну и печатные свойства. Применяется для печатания каталогов, справочников, периодики, автобусных талонов, железнодорожных накладных, книг. Суперкаландрированная немелованная бумага, содержащая древесную массу, все больше и больше используется в глубокой и рулонной офсетной печати.

*Чистоцеллюлозная офсетная бумага (WFU – WoodFree Uncoated)*. Немелованная офсетная бумага без содержания древесной массы имеет



массу 1 м<sup>2</sup> от 65 до 170 г/м<sup>2</sup>. Эта бумага выпускается как для листового, так и для рулонного офсета с различным цветом и оттенками. Белые офсетные бумаги имеют белизну от 75 до 90 %. По степени непрозрачности выпускаются бумаги с большей непрозрачностью и белизной, чем стандартная. Линия окрашенных офсетных бумаг составляет шесть и более цветов. Для изготовления книг немелованную офсетную бумагу делают особой толщины и оттенка и соблюдают другие специфические требования для печатных и брошюровочных процессов.

*Легкомелованные печатные бумаги (LWC – Light-Weight Coated)* содержат механическую массу и имеют однократное покрытие мелом. Однако существуют также легкоомелованные чистоцеллюлозные бумаги, выигрывающие по белизне, но проигрывающие по непрозрачности при одинаковом граммаже. Масса 1 м<sup>2</sup> данного вида бумаг варьируется от 45 до 130 г/м<sup>2</sup>. Легкомелованные бумаги применяются исключительно для массовых, печатаемых рулонным офсетом или глубокой печатью журналов, каталогов, вкладок в газеты.

*Чистоцеллюлозная мелованная бумага (WFC – WoodFree Coated).* Масса 1 м<sup>2</sup> мелованной бумаги лежит в диапазоне от 80 до 200 г/м<sup>2</sup>, а у некоторых производителей до 300 г/м<sup>2</sup>. Существует устаревшее название мелованных бумаг – *enamels* (глазури). Есть заблуждение, что качество мелованной бумаги зависит от количества слоев мелового покрытия, однако на самом деле значительно важнее количество наносимого мела с каждой стороны бумаги. В последнее время производители мелованной бумаги стали применять термин *multiple coated* – с многократным покрытием, – который более адекватно отражает текущее положение дел в бумажной промышленности.

Отделка мелованной бумаги меняется от *высокоглянцевой литого мелования* до *матовой*. Бумага литого мелования представляет собой совершенно отдельный вид бумаги. В процессе нанесения покрытия весь слой наносится за один прогон, выравнивается воздушным ножом, а затем полотно бумаги сушится на горячем зеркальном барабане. Такая технология придает бумаге практически зеркальный глянец. Бумаги литого мелования, как правило, более пухлые, так как они не каландрируются.

Стандартные же мелованные бумаги могут иметь глянцевую, полуглянцевую и матовую отделку. Типичный глянец матовой мелованной бумаги не превышает 25 %, в то время как у глянцевой бумаги он составляет 65 % и более. Полуглянцевые бумаги имеют промежуточные значения. Преимущественными областями применения

мелованных бумаг являются обложки цветных журналов, специализированные журналы, выпускаемые небольшими тиражами, каталоги, художественные альбомы, акцидентная продукция.

*Мелованная бумага с содержанием древесной массы (MWC – Medium Weight Coated).* Практически все сказанное о чистоцеллюлозной бумаге справедливо и для мелованной бумаги с механической массой. Данный тип бумаги не производится с литым мелованием в силу специфики применения. Свойства бумаги с содержанием древесной массы (имеет лучшую непрозрачность, с одной стороны, но меньшую белизну, с другой) определили область ее применения – это преимущественно всевозможные журналы, каталоги и аналогичные издания, связанные с рассылкой по почте.

*Мешочная бумага.* Мировой объем производства мешочной бумаги распределяется в следующем соотношении: изготовление пакетов (розничная торговля) – 43 %, производство многослойных мешков – 38 %, обертка готовых изделий – 19 %.

В России, согласно принятой терминологии, *мешочная бумага* – это бумага, предназначенная для изготовления мешков, в том числе влагопрочных, битумированных и с покровным слоем. Мешочная бумага вырабатывается из небеленой сульфатной целлюлозы высококлееной массой 70...100 г/м<sup>2</sup>. Бумага должна иметь высокие значения показателей сопротивления раздиранию, удлинения при разрыве, сопротивления излому и продавливанию.

В России в настоящее время основным нормативным документом на этот вид продукции является ГОСТ 2228-81, в соответствии с которым вырабатывается четыре разновидности мешочной бумаги: непитанная (М-70А, М-79Б, М-78А, М-78Б, М-78В), влагопрочная (В-70, В-78), битумированная (Б-70, Б-78) и ламинированная полиэтиленом (П).

Одним из мировых лидеров производства мешочной бумаги является фирма «*Billerud*» (Швеция). Фирмой выпускается семь марок бумаги из небеленой и семь марок бумаги из беленой целлюлозы.

Марки мешочной бумаги, вырабатываемой из небеленой целлюлозы:

– *Brown Reelurap* – обычная мешочная бумага для упаковки бумажных рулонов массой 90...130 г/м<sup>2</sup>;

– *Brown Lining* – обычная мешочная бумага для ламинирования массой 100...140 г/м<sup>2</sup>;

– *Brown Performance N* – обычная мешочная бумага для открытых и сшитых мешков массой 70...110 г/м<sup>2</sup>;

– *Brown Performance E* – обычная мешочная бумага для мешков с повышенными требованиями массой 70...100 г/м<sup>2</sup>;

– *Brown Performance SE* – микрокрепированная (полурастяжимая) бумага для мешков под цемент и химикаты с высокой воздухопроницаемостью массой 70...100 г/м<sup>2</sup>;

– *Brown QuickFill SE* – микрокрепированная (полурастяжимая) бумага для мешков с клапаном для порошкообразных продуктов с очень высокой воздухопроницаемостью массой 70...100 г/м<sup>2</sup>;

– *Brown QuickFill E* – микрокрепированная бумага для мешков с клапаном для порошкообразных продуктов с очень высокой воздухопроницаемостью массой 70...90 г/м<sup>2</sup>.

Марки мешочной бумаги, вырабатываемой с верхним белым слоем или полностью из беленой целлюлозы:

– *White NK* – обычная мешочная бумага для открытых и сшитых мешков массой 60...100 г/м<sup>2</sup>;

– *White SQ* – микрокрепированная (полурастяжимая) мешочная бумага массой 70...100 г/м<sup>2</sup>;

– *White XZ* – микрокрепированная (полурастяжимая) мешочная бумага с высоким значением коэффициента трения массой 70...100 г/м<sup>2</sup>;

– *White Quick Fill SE* – микрокрепированная (полурастяжимая) мешочная бумага для мешков с клапаном с очень высокой воздухопроницаемостью массой 70...100 г/м<sup>2</sup>;

– *White Quick Fill E* и *White Quick Fill F* – микрокрепированная мешочная бумага для мешков с клапаном с очень высокой воздухопроницаемостью (с индексом *E* выпускается с тисненым рисунком) массой 70...90 г/м<sup>2</sup>;

– *White Performance E* – микрокрепированная мешочная бумага для мешков с клапаном с высокими требованиями массой 70...100 г/м<sup>2</sup>;

– *White Performance SE* – микрокрепированная влагопрочная мешочная бумага с тисненым рисунком для мешков с клапаном с высокими требованиями массой 70...85 г/м<sup>2</sup>.

*Этикеточная бумага (CIS)*. Масса 1 м<sup>2</sup> этикеточной бумаги составляет от 70 до 100 г/м<sup>2</sup>. Кроме требований, предъявляемых к печатным процессам, этикеточная бумага должна удовлетворять и требованиям специальных отделочных операций, таких, как лакировка, печать металлизированными красками (серебро, бронза), высечка, тиснение фольгой, конгрев. К этикеточным бумагам предъявляется также ряд требований, продиктованных конечным применением этикеток. Например, пивные этикетки для возвратной тары не должны разрушаться в горячем растворе щелочи; этикетки для напитков должны

быть достаточно влагопрочными, чтобы не образовывалось морщин на поверхности после приклеивания; обертки конфет, шоколада и табака должны отвечать специальным санитарно-гигиеническим требованиям.

Условно этикеточную бумагу можно поделить на несколько видов: бумагу для сухой упаковки и влагостойкую, которые, в свою очередь, можно подразделить на бумагу без покрытия, мелованную, мелованную высокоглянцевую, металлизированную. Бумаги для сухой упаковки используются при производстве праздничной упаковочной бумаги, мягких сигаретных пачек, оберток для шоколада, конфет и табака, а также для этикеток на стеклянные и металлические консервные банки. Для этикеток на напитки используют преимущественно влагостойкие сорта бумаги, которые, однако, не должны вступать в прямой контакт с пищевыми и табачными продуктами, так как входящие в состав влагостойкой проклейки смолы не безвредны и обладают запахом.

Существуют сорта этикеточной бумаги, узкоориентированные на определенное конечное применение, например для этикеток растительного масла или для упаковки мыла. При упаковке небольших количеств сыпучих продуктов в сварные пакетики (порционные для соли, сахара, перца; пакетики с семенами) используют этикеточную бумагу с полиэтиленовым покрытием оборота. Также этикеточную бумагу используют в качестве лицевого слоя при производстве самоклеящихся бумаг.

*Самоклеящаяся бумага* нашла широкое применение при изготовлении этикеток (в том числе для пищевых продуктов и детских игрушек), ценников, ярлыков, рекламных и информационных объявлений, плакатов, декоративных работ и пр.

Самоклеящиеся бумаги поставляются в листах и рулонах, пригодны для всех общепринятых способов печати. Более широко применяются флексография и листовая офсетная печать. Качественная упаковка позволяет хранить самоклеящиеся материалы таким же образом, как и обычные виды печатных бумаг. Самоклеящийся материал состоит из 4 компонентов:

- поверхностный (клеящийся) материал – различные виды бумаги (в том числе термо- и самокопирующие), картон, синтетические пленки, фольга;
- клей, как правило, на основе водных эмульсий;
- слой силикона, позволяющий легко разделять подложку и поверхностный материал;
- бумага-основа (подложка).

Существуют несколько типов клея со свойствами, похожими у всех производителей самоклеящихся материалов:

- перманентный (постоянный) – применяется в случаях, когда этикетка должна оставаться на рабочей поверхности в течение всего срока службы. Попытки отделить этикетку приводят к повреждению этикетки или рабочей поверхности;

- суперперманентный – обладает свойствами мгновенного прилипания и адгезии. Применяется в случаях неровных, пористых рабочих поверхностей (например, гофрированный картон), а также для других сложных поверхностей;

- съемный – применяется в случаях, когда необходимо через определенное время отделить этикетку от рабочей поверхности, не оставляя на ней следов клея (например, реклама в общественном транспорте).

Существуют специальные клеи для маркировки глубокозамороженных продуктов или одежды.

На свойства клеев при этикетировании и дальнейшей эксплуатации влияет несколько важных факторов: температура, уровень влажности, полярность и гладкость поверхности, уровень УФ-излучения и другие. Поэтому при выборе самоклеящегося материала рекомендуется проводить испытания в реальных условиях этикетирования и конечного применения самоклеящейся этикетки.

В качестве лицевого материала могут выступать офсетная, этикеточная, окрашенная, металлизированная, кашированная бумаги, фольга, синтетические пленки. В зависимости от вида поверхностного материала могут проявляться те или иные особенности печатного и отделочных процессов.

*Самокопирующая бумага.* Самокопирующие бумаги заменяют бланки с перемежающимися слоями обычной и копировальной бумаги, так как они упрощают процесс работы, создают копии без загрязнений, связанных с применением копировальной бумаги. Самокопирующие бумаги технически отличаются от обычных бумаг. Они содержат в себе химические передающие системы и используют реакцию между двумя химическими покрытиями, передающими изображение.

Существует три вида листов самокопирующей бумаги:

- верхний лист (*CB – coated back*) имеет на оборотной стороне невидимый слой с красящими микрокапсулами. Под давлением при письме или печати капсулы вскрываются, и освободившаяся жидкость проникает в абсорбционный слой следующего листа и вызывает реакцию окрашивания;

– средние листы (*CFB – coated front & back*) на лицевой стороне имеют каолиновую прослойку для фиксации красителя, включающую катализатор реакции, а на оборотной – слой с микрокапсулами. Таким образом, средние листы обладают и принимающими, и передающими свойствами. Использование средних листов позволяет получить необходимое количество копий в одном бланке;

– нижний лист (*CF – coated front*) имеет только каолиновый слой с катализатором реакции на лицевой стороне.

*Дизайнерские бумаги (Fine Papers)*. Нередко бумага является частью фирменного стиля организации или делового человека. Крупные компании заказывают на фабриках для себя особую бумагу и получают эксклюзивное право на ее использование. В настоящее время существует большое разнообразие цветов, фактур и отделок для элитных бумаг.

Условно дизайнерские бумаги можно разделить на несколько групп. Это гладкие (без покрытия и с покрытием), фактурные (без покрытия и с покрытием) и кальки (транслюсцентные или полупрозрачные бумаги). Области применения связаны с индивидуальным дизайном: элементы фирменного стиля, годовые отчеты, рекламно-представительская продукция, дорогая упаковка для парфюмерии, персональные канцелярские наборы.

*Пергаментная бумага*. Пергаментная бумага (растительный пергамент) выпускается белой и в пастельных цветах. Масса 1 м<sup>2</sup> может составлять от 90 до 250 г/м<sup>2</sup>. Она применяется для печатной продукции, подобной картам вин, сертификатам, приветственным адресам, дипломам, извещениям, гарантийным обязательствам и купонам, где желателен благородный фон для печати.

*Растительный пергамент* получается путем прохождения бумаги через ванну с серной кислотой. Он обладает высокой влагопрочностью и жиронепроницаемостью. Благодаря своему уникальному внешнему виду и очень прочной поверхности растительный пергамент применяется для гравюр и рисунков, завещаний, актов, дипломов, сертификатов ценных бумаг, воспроизведения исторических и религиозных документов, а также других долговременных документов. Благодаря его жиронепроницаемой поверхности растительный пергамент является идеальным для надежного упаковывания соответствующих товаров и предметов. Для печатания на растительном пергаменте требуются специальные краски.

*Переплетные материалы*. В производстве твердого переплета книг используется несколько видов материалов. Это прежде всего

переплетный картон, являющийся основой обложки. Именно он обеспечивает механические свойства переплета. Сверху он может обклеиваться либо этикеточной бумагой, либо специальными бумажными или синтетическими поверхностными материалами, которые придают изданию яркий внешний вид. Поверхностные материалы для переплетных работ должны отвечать специальным требованиям: иметь высокую прочность поверхности и стойкость к многократным перегибам, иметь определенную жиростойкость, быть устойчивыми к воздействию ультрафиолетового излучения. Такие материалы бывают бумажными и синтетическими на бумажной основе. Бумажная основа важна для склейки поверхностного материала с картоном на переплетных линиях.

В зависимости от выбранного поверхностного материала и эстетических требований к изданию применяют те или иные виды печати. Это может быть как офсетная печать, так и тиснение фольгой, трафаретная печать либо конгрев (одна из разновидностей тиснения, но с двумя штампами – изображение получается выпуклым).

*Синтетическая бумага* в последнее время получила развитие благодаря своим уникальным свойствам. В основном это синтетический материал на основе полипропилена. На вид, на ощупь и с точки зрения печатной обработки он представляет собой превосходный печатный материал. Синтетическая бумага значительно прочнее и долговечнее традиционной бумаги, а также обладает повышенной устойчивостью к воздействию воды, тепла, масла и химических реактивов. Благодаря высокой гладкости поверхности возможна печать изображений с очень подробной детализацией при высоком разрешении. Основу материала составляет полипропиленовая смола, прошедшая минеральное упрочнение с помощью смеси солей кальция ( $\text{CaCO}_3$ ) и двуокиси титана ( $\text{TiO}_2$ ) для придания белизны и матовости.

Синтетическую бумагу можно разделить на две основные категории: каландрированная и ориентированная.

Каландрированные сорта обладают высокой непрозрачностью и повышенной прочностью на изгиб, растяжение, разрыв в поперечном направлении. Лицевая сторона материала чуть более гладкая, чем обратная. Ориентированные сорта обладают чрезвычайно высокой прочностью на разрыв как в продольном, так и в поперечном направлении и имеют одинаковые лицевую и обратную стороны. Большинство сортов поставляется в матовом исполнении, однако существуют сорта, имеющие либо только лицевую, либо обе стороны глянцевые. Материал сохраняет стабильность размеров в диапазоне температур

от минус 30 °С до +92 °С. Допускается кратковременный нагрев до 102 °С, температура плавления 160 °С.

Области применения синтетической бумаги: различные бирки, канцелярские товары, визитные карточки, географические карты, рекламные объявления, афиши, постеры, таблички, воблеры (твердотелая объемная приманка для ловли хищных видов рыб), буклеты, флаги, декорации к театральным постановкам.

*Бумага для цифровой печати.* Цифровая печать – самое стремительно развивающееся направление печатной индустрии, которое обеспечивает выполнение новых требований, предъявляемых временем к полиграфической продукции, – это оперативность и возможность печати по требованию (*print on demand*). Специфика печатных процессов (особенности технологии, различные красочные материалы – от порошков до чернил и микрокапсул) диктует применение специализированных бумаг для достижения наилучших конечных результатов в полиграфической продукции, для реализации двух основных преимуществ цифровой печати – рентабельность малых тиражей и возможность печати переменных данных. Исходя из специфики существующего на сегодняшний день печатного оборудования, бумагу для цифровой печати можно разделить на три группы: рулоны для машин Xeikon и им подобных, листовая бумага для машин HP Indigo и листовая бумага для машин Xerox, Canon и аналогичных. Несмотря на то, что каждый тип оборудования имеет свои специфические требования к бумаге и свой собственный формат, на сегодняшний день ассортимент бумаг для цифровой печати на рынке довольно ограничен.

## 3.2. Классификация картона

Под термином «картон» понимают бумажную продукцию, которая имеет большую массу 1 м<sup>2</sup>, толщину и бóльшую жесткость, чем бумага [27, 29]. Картон обычно имеет толщину 300 мкм. Некоторыми исключениями из этого правила являются картон для плоских слоев гофрокартона, флутинг и некоторые специальные сорта.

Стандартная классификация (ГОСТ 17926-80) включает в себя следующие виды картона:

1) *тарный картон*: гофрированный, для плоских слоев гофрирования, коробочный, термосвариваемый;

2) *картон для полиграфического производства*: переплетный, цветной склеенный, для стереотипных матриц, билетный;



3) *фильтровальный картон*: для фильтрации нефтепродуктов и технических масел, для фильтрования дизельного топлива, для фильтрования вин, для фильтрования пива, для фильтрования воздуха, противопыльный;

4) *картон для легкой промышленности*: обувной, геленок, стелечный, для задников, для платформ, простилочный, чемоданный, околышный;

5) *технический картон*: водонепроницаемый, обивочный водостойкий, для радиотехнической промышленности, прокладочный, термоизоляционный прокладочный, шпульный, жаккардовый, заменитель фибры, электроизоляционный, электроизоляционный для работы в масляной среде, электроизоляционный для работы в воздушной среде, оксидный электроизоляционный, огнестойкий, прессшпан, циферблатный;

6) *строительный картон*: кровельный, облицовочный.

В соответствии с «Общероссийским классификатором продукции» (ОК 005-93) картон относится к классу 54 (продукция целлюлозно-бумажной промышленности) и делится на семь подклассов:

1) картон тароупаковочный (картон для плоских слоев гофрированного картона; бумага для гофрирования; картон для потребительской тары – хромовый, хром-эрзац, коробочный; тароупаковочный прочий – спичечный, основа для склеенного картона, водонепроницаемый, для упаковки мебели);

2) картон для легкой и полиграфической промышленности (переплетный; специального назначения – билетный, околышный, для циферблатов и миниатюрной живописи, чемоданный и др.; для текстильной промышленности – заменитель фибры, жаккардовый и др.; обувной; кожкартон; стелечный и др.);

3) картон технический различного назначения (электрокартон, для радиопромышленности, прокладочный, для стереотипных матриц, литьевой и др.);

4) картон строительный (кровельный, для водостойких труб, теплоизоляционный, облицовочный и др.);

5) картон фильтровальный (для жидкостей, для воздуха, для фильтрующих элементов масляных и воздушных фильтров, для фильтрации технологических сред);

6) картон для автомобильной промышленности (обивочный водостойкий, термошумоизоляционный и др.);

7) картонные прочие (чертежный, глянцевый, офсетный и др.).

Среди тароупаковочных (или просто упаковочных) картонов выделяют две основные группы. К *первой* группе относят материалы для производства гофрированного картона – картон для плоских слоев (*liner-board* – *картон-лайнер*) и бумага для гофрирования (*corrugating medium* или *fluting* – *флютинг*). В европейских странах эти материалы объединяют термином *containerboards* – картон для производства контейнеров (ящиков), что обусловлено основной областью применения гофрированного картона – производством транспортной тары.

Картон-лайнер состоит из двух или более слоев и подразделяется на отдельные виды в зависимости от используемых в его производстве полуфабрикатов и внешнего вида покровного (наружного) слоя. Выделяют картон-лайнер естественного коричневого цвета (*brown*) с использованием в композиции только первичных полуфабрикатов – сульфатной небеленой целлюлозы и полуцеллюлозы (*kraftliner*) либо с использованием вторичного макулатурного сырья (*recycled* или *testliner*). Причем в последнем случае применяют преимущественно макулатуру из отработанной картонной тары, имеющую собственное условное обозначение – *OCC* (*old corrugated containers*). Покровный слой картона может иметь пестрый мраморный вид (*mottled top liner*), который достигается за счет применения беленой целлюлозы и уменьшения массы 1 м<sup>2</sup> наружного слоя до 40 г и ниже. Формирование покровного слоя осуществляется из массы более высокой концентрации, что вызывает определенную флокуляцию волокон. В итоге достигается эффект пестрой окраски.

Также производят картон-лайнер с белым покровным слоем (*white top liner*) и небольшое количество мелованного лайнера (*coated white top liner*). В качестве полуфабриката для покровного слоя применяются беленая хвойная или лиственная целлюлоза либо их смесь. Флютинг обычно изготавливают однослойным и подразделяют на два вида – полуцеллюлозный (*semichemical*) и макулатурный (*recycled*). В обоих случаях в композицию могут добавляться первичные целлюлозные волокна, в основном хвойные сульфатные.

Ко *второй* группе тароупаковочных картонов относятся материалы, предназначенные для изготовления потребительской тары: коробок, пачек и других видов упаковки. Обычно их определяют термином «коробочный картон». Это тоже массовый вид картона, однако его доля в общем объеме производства картона всех видов ниже, чем у гофрокартона. Отдельные марки коробочного картона могут использоваться для изготовления прокладок и решеток в картонные ящики. Строгой классификации тароупаковочных картонов

до настоящего времени не выработано. В России картон для изготовления потребительской тары подразделяют на хромовый, хром-эрзац и коробочный. На практике эти термины зачастую смешиваются из-за отсутствия четкого деления. В качестве примера приведем марки хром-эрзаца согласно ГОСТ 7933-75 «Картон коробочный» (таблица).

### Классификация картона хром-эрзац для изготовления потребительской тары

Марка картона	Применение
М – мелованный по покровному слою из беленой целлюлозы; МНО – мелованный по небеленой основе	С многокрасочной печатью глубоким и высоким способами
НМ – немелованный с покровным слоем из беленой целлюлозы; А – с покровным слоем из беленой целлюлозы;	С одно- и многокрасочной печатью офсетным способом
Б – с покровным слоем из небеленой целлюлозы; В – с ненормируемым составом по волокну	Для изготовления потребительской и групповой тары без печати
Г – из макулатуры и других волокнистых полуфабрикатов	Для изготовления картонных навивных барабанов, склеенного картона и картона для промышленных нужд

*Чистоцеллюлозный небеленый картон (SUS – Solid Unbleached Sulphate)* применяют в качестве внешних слоев гофротары и материала для гофрослоев (флутинг) в гофрокартоне, а также при производстве коробок высокой прочности, контейнеров для жидких продуктов и напитков (в комбинации с полимерными материалами) и для производства групповой упаковки.

*Чистоцеллюлозный беленый картон (SBS – Solid Bleached Sulphate)* применяется прежде всего при производстве открыток, мягких обложек книг и журналов и дорогой упаковки, преимущественно в парфюмерной промышленности.

*Картон для коробок (FBB – Folding Box Board)* имеет многослойную структуру, состоящую из поверхностных слоев беленой сульфатной целлюлозы и среднего слоя из механической или термомеханической древесной массы.

Внешние слои придают картону белизну, в то время как средний слой обеспечивает высокую пухлость и хорошие механические свойства. Картон для коробок бывает односторонним либо двухсторонним, т. е. имеет мелованное покрытие с одной либо с обеих сторон.

Односторонний картон в свою очередь может не иметь покрытия оборота совсем или иметь легкое мелование, позволяющее печатать на обороте более чем в одну краску. По сравнению с чистоцеллюлозным беленым картоном этот вид картона имеет меньшую белизну, но значительно лучшие механические характеристики. Это обуславливает и область применения: сигаретные пачки, мягкие обложки книг, картонная упаковка, почтовые карточки, открытки. Односторонние картоны без покрытия оборота используются преимущественно в пищевой, табачной и кондитерской промышленности.

*Мелованный макулатурный картон (WLC – White Lined Chipboard)* применяется для производства коробок и упаковки в тех областях, где ценовой фактор превалирует над эстетическим. Прежде всего это коробки для стиральных порошков, обуви, кормов для животных, в пищевой промышленности. Сырьем для производства этого типа картона является макулатура. Также в композицию добавляют целлюлозу для придания прочностных свойств. Такой картон мелуется только с одной стороны, оборотная сторона, как правило, серая.

*Картон с барьерными покрытиями* состоит из картона-основы, которой может являться либо картон с древесной массой, либо макулатурный картон из слоев барьерного покрытия. Эти покрытия придают картону определенные свойства, необходимые для конкретного применения. Такой картон используется при производстве одноразовых тарелок, стаканчиков, упаковки замороженных и охлажденных продуктов, форм для выпечки. В зависимости от конечного применения выбирается то или иное покрытие – специальные барьерные дисперсионные покрытия, полиэтилен, полиэтилентерефталат (ПЭТ).

*Однослойный картон (Solid Board)* – это картон на основе макулатуры, имеющий значительную толщину. В зависимости от применения он может иметь наружные слои из белой либо тонированной бумаги, фольги, пластика. Может использоваться в качестве основы для жестких коробок, блистерных карточек, сторон книжных обложек.

## 4. СВОЙСТВА И ИСПЫТАНИЯ УПАКОВОЧНЫХ БУМАГИ И КАРТОНА

Свойства упаковочных бумаги и картона имеют отношение прежде всего к внешнему виду (цвету, наличию изображений) и требованиям технологических процессов, особенно печатных, существенно влияющих на внешний вид упаковки. Также важными являются эксплуатационные свойства: прочность, степень защиты продукта и его потребителя, эффективность всех технологических операций, применяемых при изготовлении и использовании упаковки. Поэтому при изготовлении тары или упаковки из бумаги и картона необходимо учитывать их *печатные, структурно-механические и эксплуатационные* свойства [27], [29].

### 4.1. Печатные и структурно-механические свойства

*Печатными* называют свойства бумаги, которые обеспечивают на оттиске воспроизведение печатного изображения. Печатные свойства бумаги или картона объединяются термином «комплекс печатных свойств» и оцениваются следующими показателями:

– *оптические свойства*: белизна, яркость, непрозрачность, цветовые характеристики, лоск, глянец;

– *структурные характеристики*: масса  $1 \text{ м}^2$  бумаги, шероховатость или гладкость, толщина, плотность;

– *механические свойства*: прочность при растяжении до разрыва, сопротивление излому, сопротивление раздиранию, стойкость поверхности к выщипыванию;

– *сорбционные свойства*: впитывание при одностороннем смачивании (вода, минеральное масло), впитывание по ксилолу, влагосодержание, красковосприятие;

– *деформационные свойства*: удлинение при растяжении до разрыва, упругость при растяжении и сжатии, жесткость при изгибе (и на ощупь), мягкость, деформация при увлажнении, склонность к скручиванию;

– *показатели однородности и чистоты поверхности*: неравномерность  $1 \text{ м}^2$  массы бумаги, неравномерность просвета, разносторонность, анизотропия свойств в плоскости листа, однородность цветовых характеристик по площади и по сторонам, однородность печати, пылимость, качество кромки листа и рулона.

### 4.1.1. Оптические свойства

Особенности оптических свойств бумаги обусловлены большим разнообразием их ингредиентов по происхождению и оптическим характеристикам:

- белизна;
- коэффициент преломления лучей света (непрозрачность, светопроницаемость);
- цветовые параметры.

Оптические характеристики бумаги зависят от природы, количества и соотношения ингредиентов в композиции бумаги, от однородности их распределения по толщине листа и многих других технологических факторов.

Для придания белой бумаге оттенков используются нюансирующие красители, которые сдвигают спектр отражения чаще всего в голубую область. Важное практическое значение для формирования белизны, яркости, цветовых характеристик бумаги имеет использование оптически отбеливающих веществ. Эти вещества обладают способностью поглощать энергию невидимого ультрафиолетового излучения коротковолновой части источников света и преобразовывать его в видимое, повышая яркость и белизну бумаги.

**Белизна.** Для ее оценки наибольшее распространение получили следующие характеристики.

*Стандартная белизна (Brightness)* бумаги – это коэффициент диффузного отражения поверхности при освещении бумаги определенным источником света, измеренный при длине волны 457 нм. Согласно международному стандарту белизна измеряется с помощью фотометров и спектрофотометров. В соответствии с действующим в России ГОСТ 30113-94 и Стандартом ISO 2470-77 белизна может превышать 100 %.

При измерениях белизны (как и при других цветовых измерениях) важно указывать источник освещения, при котором проводятся измерения. На практике используются следующие источники освещения: А, В, С, D<sub>65</sub> (65 – полуширина световой волны).

Источник А воспроизводит условия среднего искусственного освещения электрическими лампами накаливания, В – соответствует норме прямого солнечного цвета, С – соответствует норме флуоресцентной ртутной лампы, D<sub>65</sub> – норме дневного света. Разница, полученная при измерениях с источниками D<sub>65</sub> и А, дает величину процента белизны, полученную за счет оптически отбеливающих веществ.

Измерения по этому методу проводятся в узком диапазоне спектра (около 457 нм), а глаз человека видит весь спектр от 400 до 700 нм, поэтому корреляция с визуальной оценкой не всегда достаточно высока.

*Белизна CIE (Whitnness)* рассчитывается по координатам цветности и координатам цвета (для этого определяется значение *CIE*-оттенков (*CIE-Tint*). Значение *CIE* позволяет оценить степень белизны образца, содержащего оптически отбеливающие вещества и элементы оттеночного красителя, достаточно точно коррелирует с глазом человека и поэтому является одним из лучших методов оценки белизны. Однако эта система имеет недостатки, и в качестве официального метода она может использоваться только при применении одного и того же спектрофотометра, а измеряемый образец должен иметь высокую степень белизны.

*Яркость CIE* определяется по совокупности с координатами цветности  $L$ ,  $a$  и  $b$  и представляет собой разницу между черным и белым (рис. 4.1). Для идеально белого  $L = 100$ , для идеально черного  $L = 0$ .

Координаты цветности *CIE* –  $L^*$ ,  $a^*$  и  $b^*$  применяются для выражения белизны *CIE* и цвета при использовании стандартного источника света  $D_{65}$ , имитирующего естественный дневной свет.

Положительные значения показателя  $a^*$  свидетельствуют о красном оттенке, отрицательные – о зеленом; положительные значения показателя  $b^*$  свидетельствуют о желтом, а отрицательные – о синем оттенке;  $L^*$  – это интенсивность света, выражаемая в процентах по шкале, где идеально черному цвету соответствует 0 %, а идеально белому – 100 %. Например, верхняя граница диапазона этой характеристики для мелованной поверхности белого картона должна иметь примерно следующие характеристики:  $a^* + 2$ ;  $b^*$  минус 5 и  $L$  97.

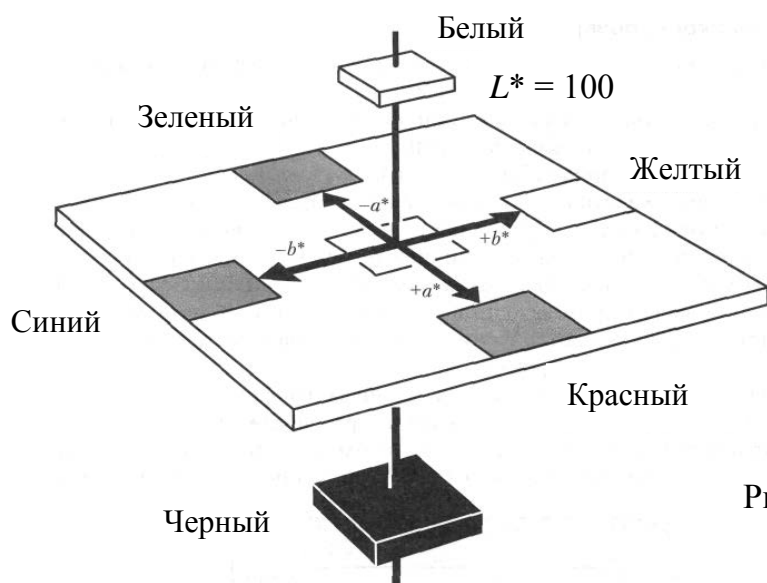


Рис. 4.1. Координаты цветности системы *CIE Lab*

**Непрозрачность и светопроницаемость.** Непрозрачность характеризует способность листа бумаги или картона закрывать печать на листе под ним или на обратной стороне данного листа. Это свойство особенно важно при упаковке изделий, когда бумагу используют в качестве внешней обертки поверхности с нанесенной печатью.

Увеличение непрозрачности достигается введением в бумагу веществ с более высоким значением коэффициента преломления световых лучей, чем у целлюлозных волокон. Светопроницаемость бумаги уменьшается с повышением массы  $1 \text{ м}^2$  бумаги по экспоненциальному закону. Ее увеличению способствует увеличение плотности бумаги.

Уменьшение непрозрачности бумаги на 1...2 % при снижении массы  $1 \text{ м}^2$  на 10 г (с 70 до 60 г / $\text{м}^2$ ) может быть компенсировано увеличением содержания в композиции целлюлозы из лиственных пород древесины на 30...50 % или повышением зольности на 2...3 %.

Для определения непрозрачности используются те же приборы, что и для измерения белизны (фотометры, спектрофотометры). В соответствии с ГОСТ 8874-70 (ISO MC 2471-97) в основу метода положено сравнение в синей области спектра значений коэффициентов отражения света от образца, помещенного на черную подложку и на светопроницаемую стопу из пяти образцов.

**Цветовые характеристики.** Формирование оптических параметров бумаги происходит в результате взаимодействия со светом и зависит от того, как бумага отражает, поглощает и пропускает свет.

Свет, падающий на поверхность, отражается от нее. Отражение света поверхностью бумаги высокой степени отделки отчасти зеркальное – падающий параллельный пучок после отражения остается параллельным. Идеально белая поверхность отражает все падающие лучи, ничего не поглощая. Серая поверхность равномерно поглощает световые волны разной длины. Отраженный от нее свет не меняет свой спектральный состав, изменяется только интенсивность излучения. Идеально черная поверхность не отражает свет вообще. Поверхности, в равной степени отражающие и поглощающие цветовые лучи, называются бесцветными (ахроматическими). Все остальные поверхности отражают свет в зависимости от длины волны. Так, красные поверхности поглощают волны зеленой и синей областей спектра, отражая красные области. На принципе избирательного поглощения построены все технологии получения цвета в производстве.

Необходимо различать два понятия – *окраска* и *цвет* бумаги. *Окраска* – это способность предмета отражать излучения с определенной длиной волн, а *цвет* – это результат реализации этой способности



в определенных условиях освещения. Действительно, белая окраска бумаги в зависимости от освещения может иметь разный цвет. Кроме того, следует также различать понятия яркость и цветность.

*Яркость* (светлота) – это количественная характеристика цвета, которой оценивается количество светового излучения, отраженного поверхностью. *Цветность* же – характеристика качественная, позволяющая игнорировать яркость и оценивать собственно цвет.

Существует свыше десяти систем оценки цветовых характеристик. Международная Комиссия по освещению (МКО) рекомендует для оценки оптических свойств объектов систему *CIE Lab* (см. рис. 4.1). В этой системе  $L$  – яркость (условное содержание белого),  $a$  и  $b$  – координаты цветности ( $a$  – содержание красного-зеленого;  $b$  – желтого-синего). Параметры  $L$ ,  $a$ ,  $b$  дают хорошее приближение к психологическому ощущению.

Показатель белизны не дает полного представления об оптических свойствах бумаги. Часто образцы бумаги, имеющие один уровень белизны, зрительно воспринимаются по-разному, т.е. имеют различные оттенки серого, желтого, голубого цветов или могут иметь различную степень их насыщенности.

*Лоск* – свойство поверхности зеркально отражать световой поток. Лоск поверхности характеризуется отношением зеркально отраженного света к полностью отраженному. Лоск бумаги и картона измеряют под углом отражения  $75^\circ$ , а лоск запечатанной и лакированных поверхностей – под углом  $60^\circ$  (рис. 4.2).

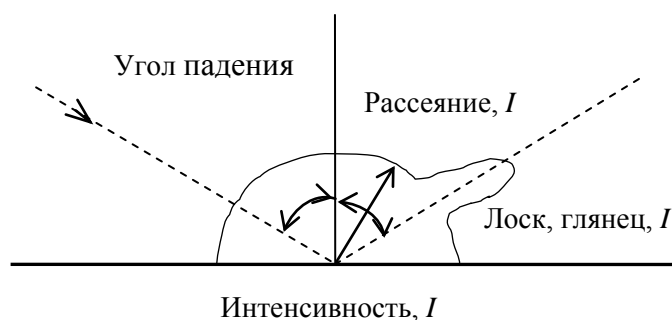


Рис. 4.2. Принцип измерения лоска (глянца) бумаги и картона

**Глянцевые поверхности** (с высоким лоском) обычно получают, покрывая их меловальным покрытием с последующей обработкой на суперкаландре или методом литого мелования. Для придания лоска бумаге без покрытия ее обрабатывают на лоцильном цилиндре с полированной поверхностью или суперкаландре.

Для оценки лоска используют следующие приборы: глариметры, глоссметры и рефлектометры. Степень лоска выражают в условных

единицах. Наиболее часто используется показатель лоска по Хантеру, определяемый при падении светового пучка на измеряемую поверхность под углом  $45^\circ$ . Измерения проводятся по стандартам ISO 2813-94, DIN 67530-82, TAPPI 480 OM-99.

В настоящее время для упаковки пищевых продуктов, предназначенных для розничной торговли, предпочитают использовать материалы белого цвета с голубоватым оттенком, так как считается, что этот цвет придает пищевым продуктам наилучший вид, вызывая ощущение свежести, чистоты и высокого качества (в условиях освещенности, характерных для предприятий розничной торговли).

#### 4.1.2. Структурные характеристики

**Масса бумаги площадью  $1 \text{ м}^2$ :** С помощью ножа или металлического шаблона вырезают 10 образцов бумаги размером  $200 \times 250 \text{ мм}$  (отклонения не должны превышать  $\pm 0,5 \text{ мм}$ ). Метод определения основан на взвешивании испытываемых образцов на аналитических или лабораторных технических весах.

Масса  $1 \text{ м}^2$  бумаги, г,

$$m_{1\text{м}^2} = \frac{10^6 \sum m}{(200 \times 250)n}, \quad (4.1)$$

где  $\sum m$  – суммарная масса образцов бумаги, г;

$n$  – количество образцов;

$(200 \times 250)$  – площадь одного образца,  $\text{м}^2$ .

Результат округляют до  $0,01 \text{ г/м}^2$  при массе  $1 \text{ м}^2$  бумаги менее 25 г, до  $0,1 \text{ г/м}^2$  – при массе от 25 до 100 г включительно и до  $1 \text{ г/м}^2$  – при массе свыше 100 г.

Более удобным и быстрым является определение массы  $1 \text{ м}^2$  бумаги с помощью квадрантных весов, у которых при взвешивании одного образца определенной площади прямо указывается масса  $1 \text{ м}^2$ . Масса  $1 \text{ м}^2$  важна и в коммерческом отношении, так как для конкретной бумаги или картона чем больше масса  $1 \text{ м}^2$ , тем меньшее количество упаковок можно получить из данной массы упаковочного материала.

**Гладкость (шероховатость) поверхности** важна с эстетической точки зрения и оказывает влияние на качество печати и глянец. При некоторых технологиях печати бумага с шероховатой поверхностью не позволяет точно воспроизвести изображение, которое

не пропечатывается, т. е. краска не переносится с печатной формы на поверхность материала (например, при глубокой печати). Точность воспроизведения бумагой печатной формы в процессе печатания в значительной степени зависит от однородности ее структуры. В понятие «структура бумаги» включают не только совокупность ее ингредиентов и связей между ними, но также и геометрию (структуру) поверхности листа. Кроме того, важнейшим показателем качества печатной бумаги, обеспечивающим ее пригодность для печати, является однородность бумаги в партии. Структура печатных видов бумаги оценивается по показателям плотности, пористости, просвета.

**Геометрия поверхности** обусловлена микро- и макронеровностями, она оценивается показателями *гладкости*, или *шероховатости*, которые определяются приборами, использующими разные принципы измерений. Наиболее распространенными являются приборы, действие которых связано с прохождением потока воздуха между двумя поверхностями, одной из которых служит поверхность анализируемого образца бумаги. К приборам этого типа, в частности, относятся приборы Бекка (гладкость), Бендтсена, Шеффилда и Паркера (шероховатость).

Сущность метода Бекка заключается в измерении времени, необходимого для прохождения определенного объема воздуха в вакуумную камеру между поверхностями испытуемого образца и стеклянной полированной пластины. Мерой гладкости является продолжительность просасывания 10 мл воздуха (точки *a*, *b*) между образцом и стеклянной пластинкой. Гладкость измеряется в секундах (рис. 4.3). Приборами Бендтсена и Шеффилда измеряется поток воздуха, проходящий при постоянном давлении между поверхностью кольца и листом бумаги. Шероховатость по Бендтсену выражают в мл/мин, по Шеффилду в единицах Шеффилда или в мл/мин.

Метод Паркера служит для измерения шероховатости бумаги и картона в условиях, близких к условиям печатной машины. Результат измерения шероховатости по Паркеру выражается в микрометрах.

**Толщину** листа измеряют в микронах ( $1 \text{ мкм} = 0,001 \text{ мм}$  или  $1 \times 10^{-6} \text{ м}$ ) или в пунктах (1 пункт равен 0,001 дюйма). И бумага, и картон характеризуются волокнистой сжимаемой структурой, в связи с чем толщину измеряют толщиномером – микрометром, позволяющим прикладывать к заданной площади фиксированную нагрузку. У определенных типов бумаги и картона с увеличением массы единицы площади толщина возрастает и, следовательно, для данного типа материала с ростом толщины увеличиваются прочностные свойства.

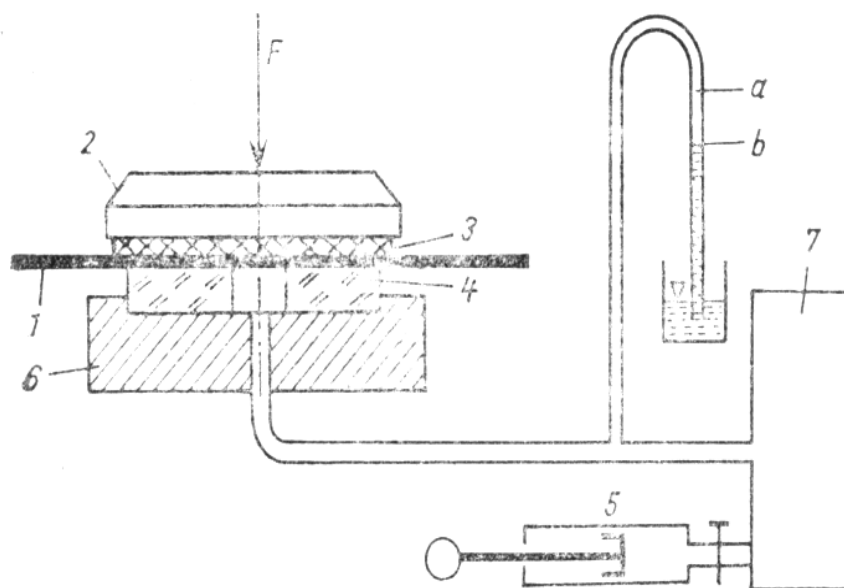


Рис. 4.3. Схема прибора для определения гладкости по Бекку:

- 1 – образец; 2 – нагрузка; 3 – резиновая пластинка;  
4 – стеклянная пластинка с измерительной поверхностью  $10 \text{ см}^2$ ;  
5 – вакуумный насос; 6 – основание; 7 – вакуумный сосуд;  
 $F$  – усилие нагружения

**Плотность бумаги ( $\rho$ )**, т. е. массу  $1 \text{ см}^3$  бумаги в граммах, определяют, исходя из толщины и массы  $1 \text{ м}^2$  бумаги, определенных на одних и тех же образцах, по формуле

$$\rho = \frac{m_{1\text{м}^2}}{\delta}, \quad (4.2)$$

где  $m_{1\text{м}^2}$  – масса  $1 \text{ м}^2$ , г;  
 $\delta$  – толщина, мкм.

Округление проводят до  $0,01 \text{ г/см}^3$ .

### 4.1.3. Механические свойства

**Стойкость поверхности к выщипыванию волокон.** В процессе печатания поверхностный слой бумаги подвергается выщипыванию в результате воздействия механических усилий, возникающих при переносе на нее краски и превышающих прочность межволоконных связей. Вероятность выщипывания волокон с поверхности в процессе офсетной печати выше, чем при высокой печати. Характер выщипывания волокон зависит от особенностей межволоконного

взаимодействия в структуре бумаги. Различают следующие наиболее характерные типы сил связи в бумаге:

- первый тип соответствует бумаге, в структуре которой преобладают межволоконные связи, близкие по прочности. Если в печатном зазоре действующая на поверхность бумаги нагрузка достигнет величины сил связи между волокнами, то происходит массовое выщипывание волокон, переходящее в отслаивание верхнего слоя бумаги;

- второй тип соответствует бумаге, в структуре которой возможно выщипывание единичных волокон уже при малых усилиях в зазоре печатной пары. С ростом нагрузки на поверхность число выщипываемых волокон увеличивается;

- третий тип соответствует бумаге, в структуре которой основная масса волокон имеет прочность связей выше предельного значения усилия, возникающего в зазоре печатной пары и стремящегося вырвать волокна с поверхности бумаги. Благодаря этому общего выщипывания поверхностного слоя при печати не происходит, однако при малых нагрузках число выщипываемых волокон может быть больше, чем в бумаге со вторым типом связей, из-за большого числа слабосвязанных волокон.

Распространенным дефектом, связанным с нарушением целостности поверхности бумаги, является поднятие волокон без их полного отделения от нее. Этот дефект особенно опасен для офсетной и флексопечати, поскольку приводит к снижению лоска поверхности печатного оттиска. Подъем волокон проявляется при увлажнении поверхности бумаги. Факторы, влияющие на подъем волокон, те же, что оказывают влияние на выщипывание.

Стойкость поверхности к выщипыванию взаимосвязана с другими показателями качества бумаги. В обобщенном виде свойства бумаги, определяющие стойкость поверхности к выщипыванию, представлены на рис. 4.4.

Стойкость поверхности к выщипыванию взаимосвязана с комплексом структурно-механических свойств и определяется энергией межволоконного взаимодействия в структуре бумаги, рельефом поверхности, ее гладкостью, а также степенью ориентации волокон в направлении толщины листа. С повышением гладкости увеличивается площадь контакта поверхности бумаги и печатной формы, а показатель стойкости поверхности к выщипыванию уменьшается.

В формировании стойкости поверхности к выщипыванию проявляются свойства бумаги как трехмерного материала, верхняя

и нижняя стороны которого различны по композиционному и фракционному составу (*анизотропия свойств плоскости листа*), степени уплотнения и маркировке (*разносторонность*).

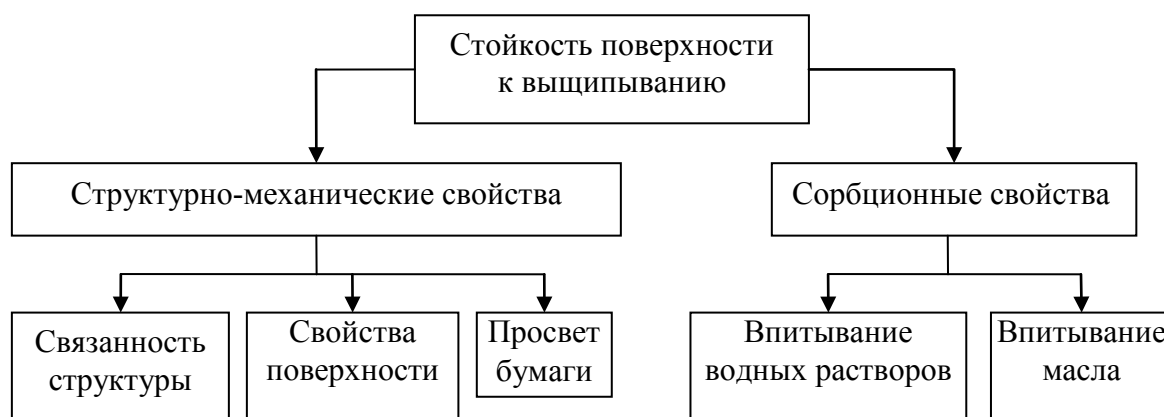


Рис. 4.4. Свойства бумаги, определяющие стойкость ее поверхности к выщипыванию

*Просвет бумаги* – показатель, характеризующий равномерность бумаги по площади, обусловлен дефектами структуры, возникшими вследствие образования флокул. В местах скоплений волокон (флокул) в процессе печати возникают скачки напряжений и создаются условия для выщипывания волокон, кроме того, собственно структура флокул в большинстве случаев дефектна.

Существенное влияние на стойкость поверхности к выщипыванию оказывают такие технологические факторы печатного процесса, как количество увлажняющего раствора, поступающего на бумагу, продолжительность и температура сушки оттисков, натиск при печати, наконец, вязкость печатных красок.

Печатный процесс основан на взаимодействии бумаги и краски и протекает в две стадии, отличающиеся величиной и характером деформаций и напряжений, испытываемых бумагой и краской. Первая стадия состоит в переносе краски с печатной формы на бумагу. На этой стадии только начинается взаимодействие бумаги и краски, оно осуществляется при максимальных напряжениях и длится доли секунды. Вторая стадия – это закрепление краски на оттиске.

Восприятие краски бумагой происходит в условиях нарастающего давления, она заполняет поры на поверхности бумаги, не успевая проникнуть в ее структуру, поэтому выдавливается за пределы печатных элементов – на пробельные места. За полосой контакта в печатном зазоре давление падает, деформированная структура бумаги восстанавливается и начинается вторая стадия печатного процесса – впи-

тивание краски и ее фильтрация через капилляры бумаги и отделение печатной формы от бумаги. Этот процесс определяет количество краски, перенесенной на бумагу, и форму изображения на оттиске.

На обеих стадиях процесса печати важны сорбционные свойства бумаги, от которых зависит смачиваемость бумаги краской в начале печати и впитывание на следующей стадии.

При печати способом мокрого офсета в процессе сорбции дополнительно участвует увлажняющий раствор. Обработка водными растворами приводит к увеличению межволоконных расстояний, набуханию волокон, релаксации внутренних напряжений, повышению пластичности, снижению прочности бумаги, стойкости поверхности к выщипыванию и подъему волокон.

Сорбция водного раствора зависит от его поверхностного натяжения на бумаге, геометрии поверхности, размера и числа капилляров в бумаге. Уменьшение среднего радиуса капилляров ведет к увеличению смачивания поверхности. Повышение шероховатости бумаги способствует уменьшению смачивания. Уменьшение смачиваемости достигается введением гидрофобных добавок, благодаря которым увеличивается угол смачивания бумаги. Радикальное изменение структурно-механических и сорбционных свойств бумаги и соответственно стойкости поверхности к выщипыванию возможно в результате поверхностной обработки бумаги растворами полимеров.

*Сорбционная способность бумаги по отношению к маслу* играет приоритетную роль в процессе отрыва краски от бумаги при ее переносе с печатной формы, особенно при использовании вязких офсетных красок. Если печатная краска впитывается бумагой слабо, то основные ее компоненты остаются на поверхности. Наложение последующей краски при многокрасочной печати в этом случае происходит на жидкую предыдущую краску.

Усилие выщипывания поверхностного слоя бумаги в зазоре печатной пары определяется вязкостью жидкой краски. Когда печатная краска впитывается настолько быстро, что полностью «проваливается» в структуру бумаги, то на поверхности бумаги остаются только наиболее вязкие и липкие компоненты краски. В связи с этим для отрыва бумаги от печатной формы требуется большее усилие, чем в первом случае, следовательно, выше вероятность подъема и выщипывания волокон.

Для обеспечения хорошего качества печати и рельефного тиснения необходима соответствующая прочность поверхности. В процессе

офсетной печати используются вязкие краски, для которых необходима высокая прочность поверхности в точке разделения краски, остающейся на листе, и краски, остающейся на офсетном цилиндре. Для оценки прочности поверхности используют тест *IGT* «на выщипывание и способность к печати», имитирующий процесс печати. Специальная краска с определенной вязкостью наносится на испытуемый образец бумаги или картона при увеличивающейся скорости печати до возникновения дефекта – выщипывания волокна с поверхности или появления пузыря. Сравнение параметров точки возникновения дефекта с заданными характеристиками позволяет прогнозировать вероятность получения удовлетворительного результата.

Другим способом измерения поверхностной прочности является приклеивание к поверхности нескольких восковых палочек с различной степенью прилипания, обусловленной способностью воска прилипнуть в расплавленном виде к поверхности бумаги. В результате получают показатель, называемый стойкостью поверхности к выщипыванию по Деннисону – максимальный номер восковой палочки, которая не разрушает поверхность бумаги или картона при снятии. Чем выше номер палочки, тем выше прочность поверхности. Такое испытание пригодно только для поверхности без покрытия, так как при наличии последнего расплавленный воск сплавляется со связующим в покрытии, давая впоследствии неверный результат. Этот тест применим для анализа как печатных, так и адгезионных свойств поверхности.

При тестировании на адгезионные свойства за показатель выбирают такую палочку, которая вытягивает волокно до определенного уровня, так как, если прочность слишком высока, бумага обладает недостаточными адгезионными свойствами по отношению к клеям на водной основе и термоклеям, а также при термосваривании блистерных упаковок с подложкой из покрытого лаком картона с печатью.

***Сопротивление бумаги разрыву.*** Для определения этой характеристики пользуются понятием разрывной длины. *Разрывная длина* – это длина полоски испытуемой бумаги, которая, будучи подвешена за один конец, оборвалась бы под собственным весом. В настоящее время некоторые исследователи считают, что, пользуясь показателем разрывной длины, мы отходим от параметра, непосредственно характеризующего механическую прочность бумаги, – разрушающее напряжение (предел прочности)  $\sigma_p$ , которое можно высчитать,



разделив разрушающее усилие на площадь поперечного сечения образца ( $\text{Н/м}^2$ ). Следует отметить, что бумага является вязкоупругим материалом, поэтому разрушающее напряжение зависит от времени действия нагрузки на образец. Этот показатель механической прочности является условным, соответствующим условно принятой заранее постоянной скорости проведения испытания. Помимо разрывной длины и разрушающего напряжения сопротивление бумаги разрыву характеризуют разрушающее усилие, удельное сопротивление разрыву и индекс прочности при растяжении.

Для определения сопротивления бумаги разрыву применяются вертикальные разрывные машины (динамометры) с маятниковым силоизмерителем типа РМБ-30-2М (РМБ-10-2М) или разрывные машины с тензометрическим датчиком и электронной системой измерения.

**Сопротивление излому.** Прочность бумаги на *излом* при многократных перегибах характеризует ее способность противостоять многократному изгибу и выражается числом двойных перегибов ( $180^\circ$ ), выдерживаемых полоской бумаги, на которую действует растягивающая сила, равная  $(9,9 \pm 0,2) \text{ Н}$ , до разрушения по линии изгиба. Этот показатель зависит от длины волокон, из которых образована бумага, их прочности, гибкости и сил связи между волокнами. Поэтому наиболее высоким сопротивлением излому обладает бумага, состоящая из длинных, прочных, гибких и прочно связанных между собой волокон.

**Сопротивление раздиранию.** Оно характеризуется усилием, необходимым для раздирания предварительно надрезанного образца бумаги на определенную длину. Этот показатель не находится в прямой зависимости от сопротивлений разрыву и продавливанию. Известно, что рыхлая (пухлая) бумага, обладающая невысоким сопротивлением разрыву, обнаруживает более высокое сопротивление раздиранию, чем плотная и прочная на разрыв бумага.

На сопротивление раздиранию влияют следующие факторы: условия сушки, длина волокна, прочность отдельного волокна, межволоконные силы связи и все факторы, способствующие росту пухлости бумаги (увеличение толщины используемых волокон, применение минеральных наполнителей в композиции бумаги и др.). Таким образом, сопротивление бумаги раздиранию в первую очередь зависит от структуры бумажного полотна (массы  $1 \text{ м}^2$ , пухлости, ориентации волокон), а также от длины и прочности волокон, из которых изготовлена бумага.

#### 4.1.4. Сорбционные свойства

**Впитываемость при одностороннем смачивании.** Иногда вода вступает в контакт с бумагой и картоном при конденсации влаги на поверхностях и кромках картонных коробок, извлекаемых из морозильных камер на предприятиях розничной торговли. Вода может проникать также через незащищенные кромки упаковки. Этот процесс можно затормозить высокой проклейкой. При испытании плоские поверхности образцов перед взвешиванием и погружением их в воду на заданное время герметизируют водонепроницаемой клейкой лентой.

Способ основан на определении прироста массы образца после соприкосновения его поверхности с водой в определенных условиях в течение определенного времени на приборе, который состоит из плоского цилиндрического сосуда с внутренним диаметром 12,7 мм. Испытание проводится следующим образом.

Из каждого листа пробы с помощью шаблона вырезают два образца бумаги размером  $120 \times 130$  мм для испытания сеточной и верхней сторон. В цилиндр наливают 100 мм воды, температура которой должна быть  $(20 \pm 1)^\circ\text{C}$ . По мере впитывания бумагой необходимо доливать недостающее количество воды. Образец взвешивают на квадрантных весах и накладывают на край цилиндра испытываемой стороной вниз, затем крышку опускают, прижимают рычагом и защелкивают фиксатор. Цилиндр переворачивают на  $180^\circ$  и одновременно включают секундомер.

В перевернутом состоянии цилиндр должен оставаться 45 с. Время контакта бумаги с водой в зависимости от вида испытываемой бумаги может быть 20, 45, 105 или 285 с. По окончании испытания цилиндр возвращают в исходное положение, открывают крышку, достают образец, отжимают и взвешивают его на квадрантных весах. Опыт повторяют, испытывая впитываемость другой стороной второго образца.

Впитываемость  $G$  в граммах на  $1 \text{ м}^2$  подсчитывается отдельно для каждой стороны листа по формуле

$$G = 100 (\sigma - a), \quad (4.3)$$

где  $\sigma$  – масса образца после испытания, г;

$a$  – масса воздушно-сухого образца, г.

За результат принимается среднее арифметическое пяти определений, округленное до 0,1 г.

Для снижения впитываемости применяют:

- внутримассную проклейку, при которой водоотталкивающий клей вводят на этапе подготовки бумажной массы непосредственно перед ее подачей в бумаго- или картоноделательную машину. Для более высокой степени водонепроницаемости и повышения влагопрочности в бумажную массу вводят смолы;

- поверхностную проклейку и поверхностное покрытие – как в ходе производства бумаги или картона, так и отдельной операцией (например, нанесение экструзионного полиэтиленового покрытия или лакирование после печати).

#### 4.1.5. Деформационные свойства

**Удлинение при растяжении до разрыва.** Это максимальное удлинение полосы материала при испытании на разрыв, являющееся мерой эластичности. Выражается она в процентах как увеличение длины образца между зажимами по сравнению с первоначальной длиной. Удлинение в поперечном направлении больше, чем в продольном.

**Жесткость.** Для печати, сборки упаковки и ее использования большое значение имеет жесткость, которая определяется как сопротивление изгибу, вызываемому приложением внешней силы. Измеряют жесткость путем приложения силы  $F$  к свободному концу материала определенного размера (длиной  $l$ ), который с другой стороны зажат. Свободный конец при этом отклоняется на фиксированное расстояние или угол  $\delta$ . Этот метод известен как двухточечный и используется для измерения жесткости при изгибе (по Лоренцену и Вэттру, 5°, Lorentzen and Wettres), сопротивления изгибу (по Лоренцену и Вэттру, 15°) и жесткости (по Таберу, 15°) (рис. 4.5).

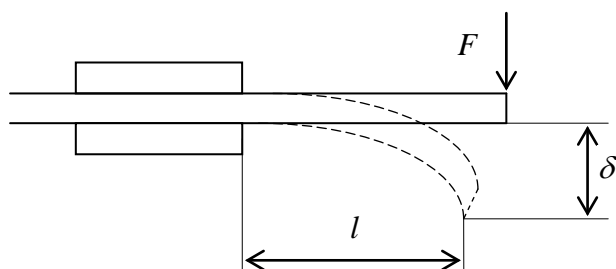


Рис. 4.5. Приложение нагрузки для измерения жесткости при изгибе двухточечным методом

Величина жесткости при изгибе в продольном направлении выше, чем в поперечном, что иногда выражают отношением жесткости в продольном и поперечном направлениях. Это различие является

результатом различной ориентации волокон при производстве бумаги и картона. Жесткость важна при испытании картонных коробок на сжатие, стойкость к перегибу, сгибаемость и общую ударопрочность. Жесткость существенно зависит от толщины материала – при удвоении толщины жесткость возрастает в пять и более раз.

**Деформация при увлажнении, склонность к скручиванию.** Плоскостность – важная характеристика листа бумаги или картона для последующего нанесения печати, изготовления упаковки и фасовочно-упаковочных операций. При нарушении плоскостности возможны нарушения подачи листов, вызывающие остановку оборудования, и проблемы с совмещением цветов при печати. Необходимая плоскостность материала обеспечивается в процессе производства бумаги или картона. Любые изменения в формовании, натяжении, сушке и содержании влаги в полотне бумаги или картона могут привести к образованию волн, короблению, скручиванию и появлению выступающих участков (рис. 4.6).

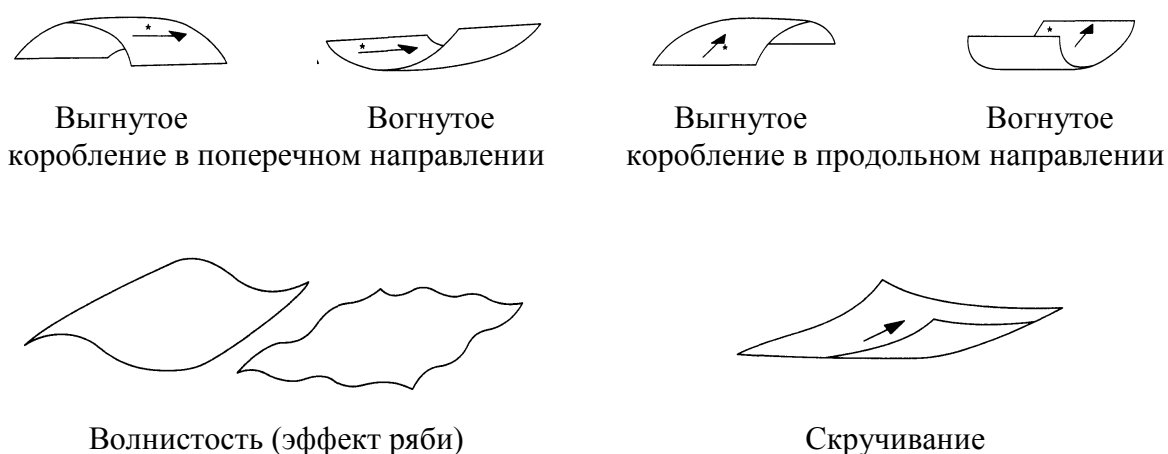


Рис. 4.6. Разновидности коробления, скручивания и волнистости:  
• – сторона печати; → – продольное направление

Для достижения оптимальных эффективности печати, изготовления упаковки и ее последующего использования следует соблюдать определенные производственные требования – использование влагонепроницаемого материала для упаковки, а также соблюдение температурного равновесия перед упаковыванием и разворачиванием, если бумага или картон при хранении подвергаются воздействию высокой или низкой относительной влажности. Критические ситуации возникают при перемещении бумаги или картона с холода в теплую среду, а также там, где относительная влажность выше 45 %.

#### 4.1.6. Показатели однородности и чистоты поверхности

*Пыление бумаги* – распространенная производственная трудность печатного процесса, которая приводит к снижению качества печати. Пыль образуется в результате отделения с поверхности или кромок бумаги мелких волокон или их обрывков, частиц наполнителя, проклеивающих веществ или красителей. Пыль накапливается на печатных формах и красочных валиках. Часто сложно выявить истинную причину образования дефекта: пыление ли это или выщипывание, настолько близки их негативные проявления при печати.

Практика показывает, что основные причины пыления обусловлены нарушением технологии производства бумаги, однако часто этот дефект бывает следствием неполадок в процессе печати или переработки в изделие.

Отделение мелких частиц от поверхности наиболее характерно для бумаги, в состав которой входят жесткие волокна с плохой способностью к связеобразованию, например волокна древесной массы, слабо разработанные волокна лиственной целлюлозы. Слабосвязанные волокна прилипают к горячей поверхности сушильных цилиндров и, приподнимаясь над поверхностью бумаги, придают ей ворсистый вид, а в дальнейшем под действием касательных напряжений при сушке, каландрировании, сортировании, резке на листы и рулоны отделяются от поверхности.

Пыление возникает и в результате отделения с поверхности бумаги компонентов поверхностного покрытия, например пигмента, в местах изгиба листов. Пылению способствует повышенная сухость бумаги, поэтому один из способов борьбы с пылением – повышение влажности воздуха и равновесной влажности бумаги. Повышенную склонность к пылению имеет бумага с облачным просветом. Пыль в этом случае образуется в результате концентрации напряжений в зазоре печатной пары на выступающих (более толстых) участках поверхности бумаги.

Пыль, распространенная в печатных процессах, имеет разное происхождение. Так называемая первичная пыль возникает непосредственно на бумагоделательной машине или на участках каландрирования, тиснения, резки на рулоны или листы и др. Вторичная пыль – это пыль, образующаяся в процессе производства и использования бумаги и оседающая на частях бумагоделательной машины, отделочного оборудования, сортировочных, упаковочных столах,

с, амонакладах и других частях печатных машин или витающая в воздухе, а затем, по мере прохождения бумаги через эти участки, вновь оседающая на ней. В случае высокой электризации бумаги вторичная пыль снова активизируется. Поэтому чистота на всех участках работы с бумагой – одна из действенных мер борьбы с пылением бумаги в бумажном и полиграфическом производстве.

Для устранения негативных последствий пыления и выщипывания поверхности бумаги принимают, например, следующие меры:

- удаление не связанных с бумагой частиц обдувкой воздухом или использование пылесоса перед накатом;
- очистка боковых поверхностей стоп бумаги; прогон бумаги перед запечатыванием через печатную пару с включенной системой увлажнения;
- соблюдение оптимальных климатических условий в печатном цехе.

Пыление бумаги может быть вызвано следующими факторами, связанными со свойствами бумаги:

- наличие в бумаге мелких, деструктурированных, плохо связанных в структуре волокон;
- неоптимальный режим поверхностной обработки (избыточное количество состава для поверхностной обработки на поверхности бумаги, недостаточная эластичность состава для поверхностной обработки, в результате чего он и трескается при малых радиусах изгиба бумажного полотна, нехватка связующего в мелованном покрытии);
- недостаточная однородность бумаги по площади (по массе  $1 \text{ м}^2$ , шероховатости, влажности и др.).

Пыление бумаги может быть устранено правильным ведением процесса печатания. Спровоцировать пыление могут следующие факторы:

- различие климатических условий в бумажном и полиграфическом производстве;
- повышенная впитываемость бумаги по отношению к увлажняющему раствору, применяемому при офсетной печати;
- неоптимальный состав увлажняющего раствора;
- высокая адгезионная способность печатных красок;
- повышенная впитываемость бумаги по отношению к печатным краскам;
- неудовлетворительные адгезионные свойства офсетной печатной резины;
- неправильное натяжение бумажного листа при выходе оттиска из печатной пары.

Склонность бумаги к пылению оценивается показателем *пыли-мости*, который оценивается косвенно, с помощью приставок к пробопечатному устройству, или напрямую взвешиванием количества удаляемой с поверхности бумаги пыли.

## 4.2. Эксплуатационные свойства

Чтобы бумага или картон удовлетворяли требованиям производства и применения упаковки, необходимо обеспечить определенные функциональные свойства этих материалов, которые независимо от того, что именно представляет собой упаковка – пакетик для чая, картонную коробку или транспортную тару, должны обеспечивать прочность, необходимую для сохранения формы упаковки [30]. Прочность материала необходима для нанесения печати и изготовления упаковки как в процессе сборки, так и при фасовке (ручной или автоматизированной), а также для физической защиты изделий при сбыте, хранении, реализации и при использовании упаковки потребителем.

При разработке технологии материала разрабатываются конкретные требования к прочности и другим функциональным свойствам упаковочных бумаги и картона, а также методы испытаний, моделирующие соответствующие условия и позволяющие разработать технологические параметры.

В России на каждый новый материал и технологию разрабатываются технические условия (ТУ) и технологический регламент (ТР), которые выполняют две важные функции. Во-первых, они определяют основные производственные параметры каждого вида изделия из бумаги и картона. Во-вторых, путем регулярных проверок соблюдения ТУ в ходе производства изготовитель получает точное представление о степени однородности изделий в рамках одной партии и в разных партиях. Многие испытания в настоящее время проводятся с помощью компьютеров, что позволяет проводить их чаще. В системе можно обеспечить и обратную связь, автоматически поддерживая необходимые параметры (например, влажность, толщину и массу изделия на единицу площади) в рамках заданного диапазона. То же относится и к другим параметрам, например цвету, гляncу и жесткости.

При испытании на прочность и иные связанные с ней функциональные свойства учитывают гигроскопичность волокон целлюлозы. При высокой влажности волокна поглощают влагу, а при

низкой – теряют, так что влажность бумаги и картона в зависимости от относительной влажности окружающей среды меняется. Поскольку прочностные свойства существенно зависят от влажности, необходимо, чтобы испытания проводились на кондиционированных образцах при заданных относительной влажности и температуре и, следовательно, находящихся в равновесном состоянии (в лабораторных условиях это относительная влажность 50 % и температура 23 °C).

#### **4.2.1. Пригодность к печати и дополнительной обработке**

Для обеспечения потребителя информацией (в виде текста и иллюстраций) и улучшения внешнего вида упаковки на нее обычно наносят печать. Для защиты нанесенной печати и придания глянца применяют лакирование. Цвет поверхности, графический дизайн, наличие текста, сплошной заливки и полутонных иллюстраций, а также наличие или отсутствие глянца существенно влияют на внешний вид упаковки.

Печать на упаковке должна соответствовать ее назначению.

Упаковка может быть самой разной: от многослойных бумажных мешков для цемента до пакетов для сахара, этикеток для бутылок пива, картонных коробок для сухих завтраков или конфет ассорти, шоколада или дорогой косметики.

Печать на упаковке этих изделий будет различаться также в зависимости от типа тары – транспортной, групповой, индивидуальной, а также в зависимости от особенностей маркировки (например, опасных химических веществ).

В настоящее время в упаковочной промышленности применяют несколько типов печати: офсетная печать, флексография, высокая печать, глубокая печать, шелкография и цифровая печать. Они отличаются друг от друга рядом особенностей: составом краски и лака, способом нанесения их на бумажную и картонную основу, процессом сушки, делающим печать стойкой и долговечной.

Несмотря на различия в процессах разных типов печати есть и общие характеристики, касающиеся печатных свойств и относящиеся ко всем видам бумаги и картона. Это требования к гладкости поверхности, ее структуре, к степени глянца, непрозрачности, прочности поверхности, к степени впитывания поверхностью красок и лака, к возможностям сушки, к сопротивлению истиранию, к чистоте



поверхности и обреза, значению pH поверхности, поверхностному натяжению и смачиваемости.

Цвет нанесенной печати измеряют спектрофотометром или денситометром (прибором для измерения оптической плотности). Можно также сравнивать цвета визуально при стандартном освещении с использованием установленных заранее цветовых эталонов, это позволяет убедиться в том, что в типовых условиях освещенности цвет упаковки находится в стандартных допустимых пределах.

#### **4.2.2. Впитывание печатной краски**

В состав красок входит растворитель (обычно масло, органический растворитель или вода), пигмент или краситель для придания цвета и смола (связующее для связи пигмента с подложкой) [31]. Состав лаков одинаков, отличается только пигментом или красителем. Растворитель, выбор которого зависит от типа краски и технологии печати, необходим для переноса краски из какой-либо емкости через печатную форму на подложку. После печати растворитель удаляется путем испарения, поглощения или химического перехода в твердое состояние за счет окисления или образования поперечных межмолекулярных связей под действием ультрафиолетового или электронного излучения. Поверхность нанесенной краски должна быть затвердевшей, в то время как внутри нанесенного слоя краска еще может оставаться сырой (например, обычные краски на масляной основе для литографии и высокой печати), чтобы не смазывалась (не отмарывалась) соседними листами при укладке листов в кипу.

Для впитывания красок и лаков главным является однородность структуры. Неравномерное впитывание печатной краски может привести к отмарыванию красок, неравномерности печати и проступанию красок на обратной стороне листа. Для проверки равномерности впитывания печатной краски бумагой и картоном, а также степени достижения ими нужных свойств измеряют степень поглощения стандартной краски или растворителя.

При стандартном процессе офсетной печати второй цвет, печатаемый рядом с первым, переносится на смоченную подложку. Это может привести к появлению крапинок («марашек»), в связи с чем был разработан тест для проверки отталкивающих свойств краски на поверхности, смоченной водой.

### 4.2.3. Значение pH поверхности

Значение pH определяют по кислотности водной вытяжки. Этот показатель характеризует стойкость бумаги к старению, что особо существенно для бумаги, предназначенной для документов, архивного хранения, технических видов бумаги. Кислотность печатной бумаги влияет на закрепление краски (требуемое значение pH 5), кислотность офсетной бумаги – на поведение печатной формы, условия ее увлажнения (требуемое значение pH 4,5). Чистое волокно имеет нейтральную реакцию; кислая или щелочная реакция вытяжки указывает на характер варки волокнистого материала, отбели, на наличие наполнителей или поверхностной обработки.

Для применения красок на масляной основе, высыхающих за счет окисления, рекомендуется значение pH поверхности в диапазоне 6...8. Поверхность со значением pH 5 и менее нежелательна, так как это может ухудшить высыхание некоторых видов красок (например, масляных литографских). Диапазон значений pH также важен для тех видов бумаги и картона, печать на которых выполняется металлизированными пигментами (например, бронзовым), и тех видов бумаги, которые впоследствии будут ламинироваться алюминиевой фольгой.

### 4.2.4. Сопротивление трению

Трение – это сила сопротивления, которая возникает, когда один материал скользит по поверхности такого же или другого материала. Статическое трение – сила сопротивления, которая возникает в момент перед началом скольжения. Когда скольжение уже имеет место, сила сопротивления продолжает действовать, и это называется кинетическим трением.

Сопротивление трению бумаги обычно не является значимым свойством для процесса печатания. Большее сопротивление трению, которое мешает листам бумаги легко скользить поверх один другого или поверх других поверхностей, может быть причиной большего статического слипания. Стойкость к трению важна для бумаги и картона, которые имеют отношение к проскальзыванию и скольжению: мешки для торговли, контейнеры для перевозки и хранения. Придание поверхности бумаги и картона противоскользящих свойств используется, чтобы повысить их сопротивление трению и снизить скольжение.

Сопротивление трению поверхности оценивается коэффициентом трения, измеряемым на устройствах для тестирования трения или скольжения. В зарубежной практике определение статического трения упаковочных бумаг проводят по методикам, указанным в *TAPPI T 503* и *T 542*; для определения статического трения картона – в *TAPPI T 815* и *T 816*.

#### 4.2.5. Стойкость к истиранию

Стойкость бумаги и картона к мокрому и сухому истиранию значима для упаковки. Печать на бумажной упаковке не должна истираться и смазываться при транспортировке и эксплуатации. При этом важна стойкость к истиранию как бумаги (картона), так и нанесенной на нее печати в сухом и влажном состоянии. Показатель сопротивления истиранию во влажном состоянии важен при упаковке замороженных или охлажденных продуктов, когда возможен контакт упаковки с конденсированной влагой. Хорошее сопротивление истиранию обеспечивается сочетанием свойств поверхности бумаги (картона), технологий печати и лакирования при соответствующем составе красок и лаков.

Устойчивость покрытий бумаги к мокрому истиранию может быть оценена разными способами. Например, по методике *TAPPI T 476* стойкость к истиранию измеряют как потерю веса образца после того, как его поместили на поворотный круг, затем на его поверхность установили неподвижный абразивный круг, прижали образец с установленной нагрузкой и повернули на определенное количество оборотов (рис. 4.7). Этот тест используется как для сухого, так и для мокрого истирания.

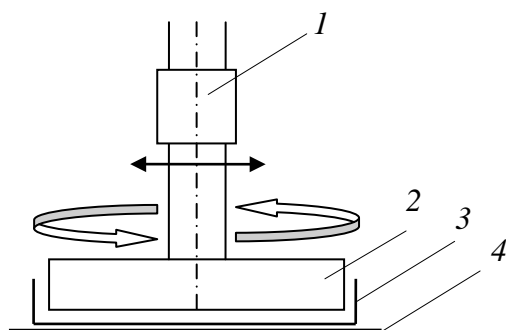


Рис. 4.7. Испытание на сопротивление бумаги и печати истиранию:

- 1 – регулируемая нагрузка;
- 2 – испытательный блок;
- 3 – образец с нанесенной печатью или эталонная стандартная бумага (картон);
- 4 – образец с нанесенной печатью

Комплексный измеритель истираемости «*Gavarti*» используется для тестирования печатной бумаги и картона на повреждение поверхности при истирании. Прибор для определения истираемости

«*Sutherland*» оценивает стойкость к истиранию или трению красочной пленки на бумаге или картоне. Эти приборы используются в стандартных методиках согласно *TAPPI UM 487*.

#### 4.2.6. Чистота поверхности

Поверхность бумаги и картона, на которую наносится печать, должна быть свободна от мелких частиц и пыли. Проблемы при печати бывают связаны с отделившимися волокнами, их фрагментами и пучками, наличием неволокнистых частиц и частиц покрытия. Кроме того, проблемы могут появляться из-за технологий отделки (резки и каландрирования), из-за наличия инородных частиц, попавших в бумагу и картон в ходе их производства. В частности, в сплошных заливках могут появляться крапинки («марашки»), в полутонных иллюстрациях теряется разрешение, появляются крапинки краски в местах, где печати быть не должно, и т. п. Все это ведет к снижению качества печати и образованию дополнительных отходов.

Официально признанных методов оценки чистоты листа не существует, хотя разработаны методы оценки наличия свободных частиц на торце рулона или пачки, а присутствие посторонних частиц на поверхности листа можно исследовать, прокатывая по ней мягкий полиуретановый валик, а затем под микроскопом подсчитывая количество собранных с определенной площади частиц.

При возникновении проблем с посторонними частицами необходимо установить природу частиц и принять меры к устранению источника проблемы или к ее минимизации. Следует учитывать, что проблемы могут быть связаны не только с бумагой или картоном, но и с печатной машиной и близлежащими к ней зонами, а также с краской.

#### 4.2.7. Влажность

Содержание влаги (в процентах) измеряют в образце, предварительно высушенном до постоянной массы. С изменением содержания влаги изменяются многие прочностные свойства материала.

В бумаге и картоне волокна целлюлозы при высокой относительной влажности расширяются, поглощая влагу, а при низкой – сжимаются, теряя влагу, причем в поперечном направлении размеры волокон при набухании и сжатии меняются больше, чем в продольном. Так как больше волокон ориентируется в машинном направлении

движения бумажного полотна, любое изменение поперечного размера волокон приводит к нарастанию изменений в поперечном направлении. Именно поэтому стабильность размеров в поперечном направлении важнее, чем в продольном (машинном). Стабильность размеров в *машинном направлении* (направлении отлива) определяют:

- на сопротивление продавливанию (рис. 4.8, *а*); основной разрыв  $q$  происходит перпендикулярно к машинному направлению  $m$ ;

- на изгиб полосы бумаги, зажатой с одной стороны (рис. 4.8, *б*, *в*). Метод определения свободного изгиба двух одинаковых полосок, вырезанных в машинном и поперечном направлениях: *б* – менее изгибающаяся полоска, вырезанная в машинном направлении (2), удерживает полоску, вырезанную в поперечном направлении (1); *в* – полоски помещены в обратном порядке;

- на разрыв (в аппарате для испытания на разрыв); удлинение в поперечном направлении больше, чем в направлении отлива;

- по ровной кромке бумаги; удлинение (волнистость) в поперечном направлении больше, чем в направлении отлива;

- при поверхностном увлажнении одной стороны квадратного образца (увлажненная сторона расширяется в поперечном направлении, образуя цилиндр, длинная ось которого расположена в продольном направлении).

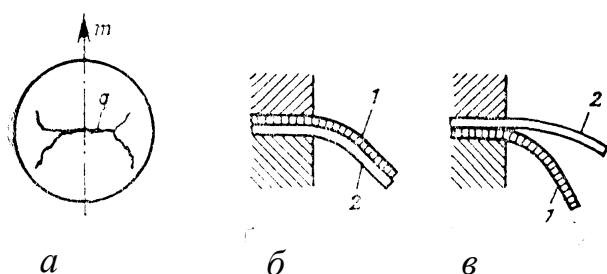


Рис. 4.8. Схемы методов определения для бумаги:  
*а* – разрыв бумаги;  
*б* – перегиб бумаги для машинного направления;  
*в* – перегиб бумаги для поперечного направления

Содержание влаги в любом изделии из бумаги и картона стремится прийти в равновесие с относительной влажностью окружающей среды. Это свойство называют гигроскопичностью. Равновесная влажность бумаги и картона при увеличении и уменьшении относительной влажности меняется по-разному, это явление называют эффектом гистерезиса.

Достигнутое при производстве бумаги и картона содержание влаги важно для поведения материала при печати, сборке упаковки и ее использовании. Поэтому в производстве необходимо использовать диапазон содержания влаги, который соответствует равновесной влажности данного материала в среднем диапазоне значений

относительной влажности и поддерживать этот диапазон в ходе всего производственного цикла.

В процессе переработки, хранения и сбыта целлюлозные материалы необходимо защищать от возможных изменений влажности. Для достижения оптимальной эффективности при печати, сборке упаковки и ее использовании необходимо соблюдать следующие меры:

- при транспортировке и хранении бумагу и картон следует упаковывать во влагонепроницаемый материал;
- хранить бумагу и картон надо согласно рекомендациям их производителя;
- перед снятием влагонепроницаемой упаковки необходимо добиться температурного равновесия в материале;
- после каждой стадии технологического процесса следует обеспечить защиту материала.

Картон с холодной поверхностью может снизить температуру краски, повысив ее вязкость до такой степени, что в ходе печати будет происходить пузырение. Кроме того, при перемещении из холодного склада в теплую производственную зону холодные кромки стопы бумаги (картона) охлаждают окружающий воздух, что может привести к конденсации влаги на кромках. Эта влага может быть незаметна, но при ее поглощении происходит коробление, что затрудняет подачу материала в печатную или фасовочно-упаковочную машину (рис. 4.9). Если же действию высокой температуры или низкой влажности подвергается не обернутый защитной упаковкой материал, он может высохнуть и деформироваться.



Рис. 4.9. Влияние изменений в содержании влаги на плоскостность бумаги и картона

На практике при изготовлении бумаги и картона используют методы, направленные на минимизацию таких изменений размеров вследствие гигроскопичности.

#### 4.2.8. Сопротивление продавливанию

Для испытания на сопротивление продавливанию образец бумаги или картона закрепляют над закрытым эластичной (резиновой) мембраной круглым отверстием и подвергают действию возрастающего давления до тех пор, пока образец не разрывается (рис. 4.10).

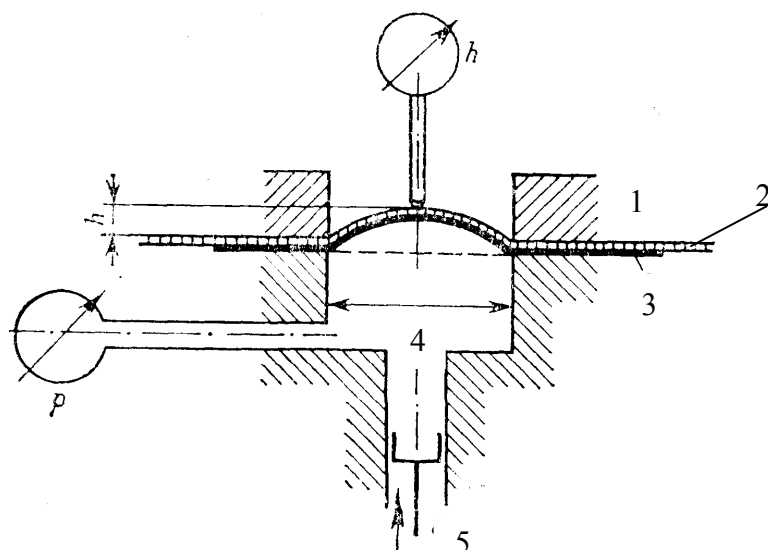


Рис. 4.10. Проведение испытания на сопротивление продавливанию:  
 $P$  – манометр;  
 $h$  – высота выпучивания;  
 1 – прижим образца;  
 2 – образец;  
 3 – резиновая мембрана;  
 4 – испытуемая поверхность 10 см<sup>2</sup>;  
 5 – сжатый воздух

Высокие значения сопротивления продавливанию свидетельствуют о жесткости материала. На этапе подготовки в бумажную массу могут быть добавлены мочевино- и меламино-формальдегидные смолы, которые способствуют сохранению значительной доли прочности бумаги как в сухом виде, так и при намокании в ходе дальнейшего использования. Сопротивление продавливанию во влажном состоянии рассчитывается на основе сравнения значений сопротивления продавливанию под действием давления в сухом состоянии и после определенного увлажнения образца. Процентное отношение значений сопротивления продавливанию в мокром и сухом состоянии соответствует степени сохранения прочности в мокром состоянии.

#### 4.2.9. Сопротивление сжатию

При рассмотрении сжатия в контексте требований к упаковке обычно имеется в виду действие на упаковку (например, на картонные коробки, ящики и бочки) внешних нагрузок при хранении упакованных продуктов, их сбыте и использовании.

Необходимо учитывать влияние на сопротивление сжатию различных характеристик конструкции упаковки, разных видов бумаги и картона, их толщины, а также атмосферных условий. Учитывают

и различие между статической нагрузкой, прилагаемой в течение длительного времени (при нахождении упакованного груза на складе), и динамической нагрузкой, связанной со значительными усилиями, прилагаемыми в течение короткого времени (в частности, при падениях и ударах в ходе транспортировки). Испытания на сопротивление сжатию проводят при различных нагрузках.

К свойствам бумаги и картона, влияющим на их поведение при испытаниях коробок на сжатие, относятся жесткость и свойство, известное как сопротивление сжатию, определяемое по методу *SCT* (*Shortspan Compression Test*), – сопротивление торцевому сжатию образца при длине образца 0,7 мм (рис. 4.11). Если же высота образца в направлении приложения силы меньше средней длины волокна (например, она уменьшена до 0,7 мм), сила прикладывается к сетке волокон таким образом, что сжимается сама сетка, вызывая взаимное смещение волокон. Именно эта характеристика в направлении измерения (продольном или поперечном) влияет на поведение коробок при испытаниях на сжатие наряду с жесткостью. В этой ситуации межволоконная связь, тип и количество волокон целлюлозы становятся важными для результата испытаний по методу *SCT*.

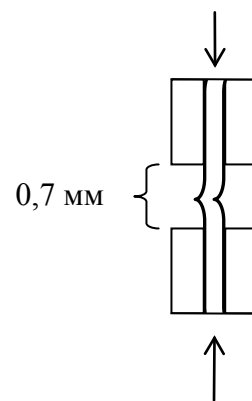


Рис. 4.11. Испытание на сопротивление сжатию

#### 4.2.10. Способность к перегибу и сгибаемость

При изготовлении пакетов различной конструкции, саше, картонных коробок и ящиков из гофрированного и коробочного картона бумагу и картон часто сгибают [4]. Более тонкие материалы перегибают механически на  $180^\circ$  и полученные складки прокатывают (фальцуют) для придания стойкости. Более толстые материалы для изготовления складных и жестких картонных коробок требуют, чтобы в материале для легкого сгибания присутствовала линия сгиба, которая образуется в процессе рилевания (бигования), т. е. нанесения роликом заданного профиля сгиба на прямолинейном участке картона, гофрокартона и гофропласта за счет их смятия (уплотнения), который служит своеобразной осью, позволяющей перегибать картонную заготовку на  $180^\circ$ .

В процессе бигования на верхней поверхности заготовки картонной коробки образуются канавки (биги), а на обратной стороне – выпуклости. При складывании коробки материал подвергается нескольким видам нагрузок.



Верхние слои картона на наружной стороне получаемой складки расширяются, поэтому они должны обладать соответствующей прочностью на разрыв и растяжение. Внутренние слои сжимаются, вызывая местное расслаивание (рис. 4.12). Расслаивание обратной стороны при продолжении процесса складывания до заданного угла приводит к образованию валика (утолщения) (рис. 4.13). Важно, чтобы это утолщение не разрывалось и не деформировалось, в связи с чем слой картона на обратной стороне также должен обладать большой прочностью.

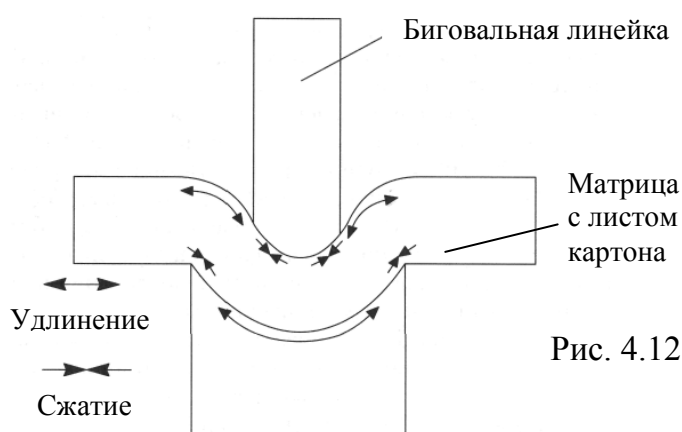


Рис. 4.12. Силы, действующие в картоне при биговании

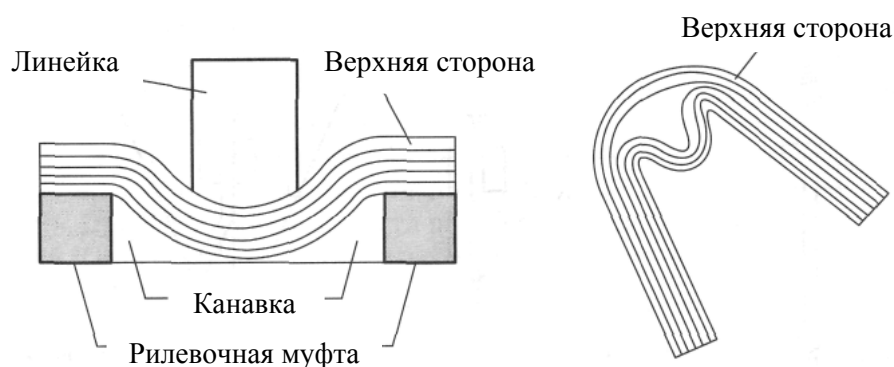


Рис. 4.13. Формирование рилевочной линии (бига)

Помимо высоких прочностных свойств материала очень важны геометрия и ширина биговальной линии, ширина и глубина канавки рилевочной муфты, а также глубина проникновения рилевочной линейки в материал.

Кроме визуальной проверки бигов и фальцев измеряют также сопротивление складыванию и сопротивление собранной коробки сжатию, которые можно регулировать изменением геометрии бигования.

Функциональные свойства биговочных линий складываемых и склеиваемых картонных коробок зависят от продолжительности

и условий хранения заготовок с клееным боковым швом перед подачей в упаковочную машину. Эта характеристика может быть измерена как усилие открывания картонной коробки. Условия промежуточного хранения (влажность, температура, плотность упаковывания и условия штабелирования) – очень важные факторы, влияющие на эффективность упаковочных операций.

#### 4.2.11. Прочность на расслаивание и межволоконные силы связи

Прочность бумаги и картона обычно указывается в двух направлениях: машинном и поперечном, или X- и Y-направлениях соответственно. Прочность бумаги рассчитывается в направлении, перпендикулярном площади листа, или в ее Z-направлении. Прочность в Z-направлении определяется термином «прочность внутренних связей бумаги», а также «прочность к расслаиванию», найденная как поперечная сила, требующаяся для расслоения единицы площади бумаги. Эту величину можно измерить с помощью металлических пластин, прикрепленных к картону двухсторонней самоклеющейся лентой, по методу *TAPPI* или методу Скотта (*Scott*). Эти методы основаны на определении усилия разрыва двухслойного образца бумаги или картона методом расслаивания слоев или отрыва (*TAPPI 541*).

Образец бумаги или картона площадью  $25 \times 25$  мм вставляется между двумя плоскими блоками и приклеивается при заданном давлении к каждому блоку двухсторонней липкой лентой. Этот многослойный комплект помещается в прибор для испытания прочности при растяжении, и перпендикулярно плоскости тестируемого образца к нему прикладывается возрастающая растягивающая нагрузка (рис. 4.14). Растягивающее напряжение (в кПа), требующееся для расслоения образца, является показателем, характеризующим силу внутренних связей.

Прочность внутренних связей также измеряют *работой*, необходимой для расслоения единицы площади бумаги. Собранный тестовый составной образец содержит испытываемую бумагу, приклеенную между металлическим основанием и правым уголком металлической наковальни. Маятник, освобожденный в верхней точке, падает и ударяет по наковальне (алюминиевый уголок), которая приклеена к верхней стороне тестируемой бумаги. Удар маятника наносится по правому углу поверхности (рис. 4.15).

Прочность на расслаивание и величина межволоконной силы связи важны для изделий из многослойной бумаги и картона и связаны с действием расслаивающих сил. Если прочность на расслаивание и межволоконные силы связи слишком малы, адгезионные связи легко разрушаются и нарушается композиционная устойчивость материала.

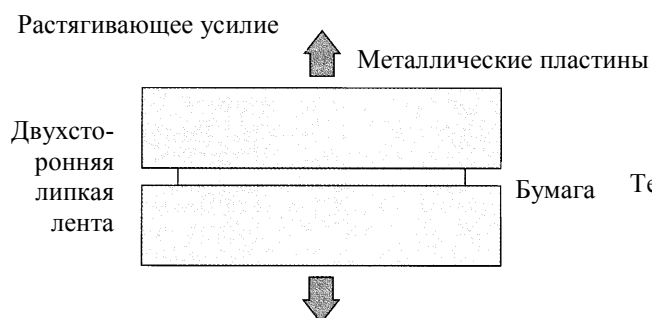


Рис. 4.14. Принцип измерения прочности на растяжение в Z-направлении

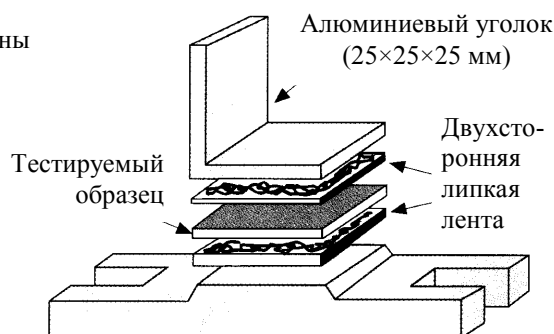


Рис. 4.15. Принцип измерения работы, необходимой для расслоения единицы площади бумаги

#### 4.2.12. Воздухопроницаемость

Бумага и картон без покрытия проницаемы для воздуха. Время, которое требуется заданному объему воздуха для прохождения через лист определенной площади, может быть измерено по методу Герлея (*Gurley*). Воздухопроницаемость важна, когда материал при перемещении на другую позицию поднимают с помощью вакуумных присосок, что используется в печатных, режущих, биговочных и упаковочных машинах. Воздухопроницаемость материала, не соответствующая требованиям, может привести к тому, что одновременно будет захвачено несколько листов или частей упаковки, что приведет к сбою в работе машины.

Кроме того, проблемы возникают при неправильном захвате вакуумными присосками материалов с односторонним покрытием и непокрытой обратной поверхностью, когда воздух может втягиваться с соседней необработанной кромки материала. Подобные проблемы связаны с настройкой оборудования или несовместимостью конструкции упаковки и применяемых настроек.

Воздухопроницаемость существенно влияет на скорость заполнения многослойных бумажных пакетов или мешков мелкодисперсными порошками, когда необходимо обеспечить выход воздуха из упаковки.

#### 4.2.13. Клеящая способность и адгезия к поверхности

*Адгезия* – это способность бумаги и картона прилипать к их собственным или другим поверхностям. Адгезия и клеящая способность важны, когда необходимо соединить между собой материалы на основе бумаги и картона, например, боковые швы пакетов, складных и жестких картонных коробок. Эти характеристики важны также при ламинировании с применением адгезивов, в производстве этикеток, этикетировании, при нанесении полимерного экструзионного покрытия, а также при термосварке. Существуют различные типы самоклеящихся бумаг: чувствительные к давлению, активируемые при нагревании и увлажнении. Мелованные бумаги должны быть способны воспринимать термоклей и образовывать прочное скрепление, если это используется для адгезионного соединения.

Склеиваемость картона – важное свойство для упаковочного картона. Склеиваемость означает скорость и прочность связей, которые образуются, когда две поверхности картона объединяются с помощью клея. Она оценивает способность картона при ударах и изгибах сохранять связанными картоны после наполнения и склеивания. Методика измерения склеиваемости представлена в *TAPPI UM 512*, *559* и *564*.

При хорошем клеевом соединении, где одной из склеиваемых поверхностей является бумага или картон, разрыв волокон при отрыве должен происходить при достаточном усилии. Наносимый на поверхность адгезив должен быть пластичным и равномерно распределяться по области нанесения.

Некоторые виды бумаги и картона с одной или двух сторон покрывают экструзионным полимерным материалом, например полиэтиленом. Упаковка с применением таких материалов может герметизироваться термосваркой, при которой полимер соединяется с бумагой (внахлест или с перекрытием), или полимером. Полимерный материал размягчается и под действием нагрева и давления переходит в расплав, становится липким, после чего охлаждается и вновь затвердевает, формируя прочный шов. Чтобы обеспечить прочную термосварку, от целлюлозных волокон бумаги или картона требуется высокая прочность на разрыв.

В состав тонкой термосвариваемой бумаги для пакетиков с чаем входит термосвариваемый полимер (например, полипропилен) в виде входящих в композицию бумаги волокон, распределенных в очень тонком листе.

#### 4.2.14. Нейтральные вкус и аромат

Бумага и картон, применяемые для упаковывания пищевых продуктов и медикаментов, должны соответствовать правилам, оговоренным с государственными структурами, такими, как Санэпиднадзор. Запахи, исходящие от бумаги, могут быть нежелательны, если бумага используется для упаковывания пищи или медикаментов.

Вкус и аромат некоторых жиросодержащих пищевых продуктов (сливочное и растительные масла, шоколад) очень чувствительны к воздействию посторонних веществ. Вкус и аромат чая, кофе и табачных изделий также могут меняться вследствие улетучивания через упаковку ароматобразующих летучих соединений и проникновения нежелательных соединений из внешней среды, переноса побочных ароматических соединений из материала упаковки. Нежелательные явления могут быть устранены за счет использования бумаги и картона с барьерными покрытиями на основе алюминиевой фольги, металлизированного покрытия на полимерной основе.

Для упаковки пищевых продуктов желательно использовать бумагу из беленой целлюлозы. Для упаковки некоторых продуктов допускается применение картона из смеси целлюлозы и механической массы. Однако смолы и жиры, которые не удаляются из древесины при получении механической массы, могут впоследствии окисляться и образовывать сильно пахнущие альдегиды. Также потенциальным источником посторонних запахов и привкусов могут служить синтетические связующие меловальных паст.

Для продуктов упаковка на основе бумаги и картона с жесткими требованиями по вкусу и запаху проверяется экспертными группами органолептическими методами. При обнаружении постороннего запаха или вкуса можно идентифицировать вызвавшее их соединение и измерить его концентрацию с помощью газовой хроматографии или масс-спектрометрии. Потенциальными источниками постороннего запаха и вкуса могут являться процессы печати, глянцеваания и применения других технологических процессов изготовления упаковки.

#### 4.2.15. Безопасность

Основное требование к упаковке – обеспечение сохранности качества упакованного изделия. Упаковка должна гарантировать безопасность пищевых продуктов при их непосредственном контакте или нахождении в тесной близости с конкретными упаковочными материалами.

Требования, обеспечивающие подобные гарантии, определяются соответствующими нормативными актами. В РФ на все типы упаковки, в том числе укупорочные средства, являющиеся готовой продукцией, распространяется технический регламент ТР ТС 005/2011 «О безопасности упаковки». В США они приведены в Своде федеральных нормативных документов *FDA* (Управление по контролю пищевых продуктов и лекарственных препаратов), в Европе используются нормы Федерального Министерства здравоохранения Германии (*BGA*), в Голландии применяются нормы *Warenwet*. Требования к упаковке игрушек включены в Европейский стандарт безопасности *EN 71*, часть 3 (миграция микроэлементов).

Потребители упаковочных материалов могут проверить их соответствие нормам, запросив у поставщиков материалов сведения о том, какие сертифицированные лаборатории проверяли соответствие их материалов необходимым нормативным актам.

### 4.3. Спецификации и стандарты качества

Внешний вид и функциональные свойства материалов для бумажной и картонной упаковки свидетельствуют о том, что для обеспечения их пригодности к использованию в производстве упаковки уже приложены значительные усилия. Разработаны специальные методы испытаний, позволяющие определить функциональные свойства материалов и их соответствие потребностям упаковочной индустрии.

Спецификации или Технические условия (*TU*) служат для формулирования конкретных требований к материалам, для оценки качества, разрешения споров, а также для обеспечения возможности сравнения конкурирующих изделий.

Торговля целлюлозой, бумагой и упаковочными материалами, изготовленными в соответствии со спецификациями (*TU*), приобрела всемирный характер, и методы испытаний этих изделий должны быть согласованы. Методы испытаний разрабатываются на местах совместно поставщиками материалов и их потребителями и впоследствии могут приобретать статус национального стандарта, например Британский стандарт (*BS*), Немецкий стандарт (*DIN*), российский стандарт ГОСТ Р или стандарты *TAPPI* в Северной Америке. В последние годы международные стандарты разрабатываются Международной организацией по стандартизации (*ISO*).

Важным элементом спецификаций являются реальные допуски. С ростом потребностей и ожиданий потребителей возможности

поставщиков должны им соответствовать. Во многих случаях усовершенствовать методы испытаний, которые по своей природе основаны на фактических данных, позволило автоматизированное управление в режиме реального времени. Автоматизация производства позволяет снизить изменчивость параметров в пределах партий и между отдельными партиями изделий, а постоянство параметров ведет к повышению производительности оборудования.

Столь же важно соблюдение требований к эффективности систем управления качеством в целом. Системы контроля качества многих фирм-изготовителей независимо и регулярно сертифицируются в рамках системы стандартов качества *ISO* серии 9000. Кроме того, проводится аудит поставщиков.

#### **4.4. Единицы измерения структурно-размерных свойств**

Для измерения массы единицы площади и толщины бумаги и картона в разных странах используются различные единицы измерения. Для перевода одних единиц в другие применяют следующие коэффициенты пересчета.

Масса единицы площади:  $1 \text{ фунт}/1000 \text{ кв.фут} = 4,882 \text{ г/м}^2$ ;  
 $1 \text{ фунт}/3000 \text{ кв.фут} = 1,627 \text{ г/м}^2$ .

Толщина:  $1/1000 \text{ дюйм} = 25,4 \text{ мкм}$ ; тысячную долю дюйма также называют «пункт» (point), а при измерениях толщины полимерной пленки – «мил» (mil).

## 5. ОБРАБОТКА БУМАГИ И КАРТОНА

### 5.1. Основные понятия и классификации

Процессы обработки и переработки бумаги и картона имеют большую историческую давность. Еще при ручном способе производства бумаги, чтобы придать ей прочностные и водоотталкивающие свойства, применяли обработку ее различными органическими смолами [32].

В мировой практике продукция обработки и переработки бумаги и картона составляет по тоннажу более половины, а по ассортименту – более 80 % общего объема производства продукции целлюлозно-бумажной промышленности [21], [27], [29].

*Обработка* бумаги и картона проводится в целях направленного улучшения их потребительских свойств при сохранении важнейших функциональных свойств и областей применения.

*Переработка* бумаги и картона осуществляется в целях получения новых материалов с новым комплексом эксплуатационных свойств и самостоятельными областями применения.

В результате процессов обработки и переработки целлюлозы, бумаги и картона получают целлюлозные композиционные материалы.

*Композиционными* называются материалы, состоящие из двух и более компонентов, каждый из которых представляет собой самостоятельную фазу и выполняет в материале свои самостоятельные функции. Природа взаимодействия между компонентами может быть различна, но нарушение связи между ними вызывает резкое изменение всех свойств материала, приводит к нарушению композиционной устойчивости и, как правило, к резкому изменению всех свойств материала и изделий из него.

Композиционные материалы состоят из следующих основных компонентов:

- армирующего;
- связующего;
- создающего непрерывную матрицу;
- наполнителя;
- специальных модифицирующих добавок.

*Целлюлозные композиционные материалы* – это материалы, которые получают путем сочетания целлюлозного компонента (целлюлоза, бумага, картон) с природными, искусственными или



синтетическими полимерами. Целлюлозный компонент выполняет армирующие функции, причем армирующим элементом могут являться целлюлозные фибриллы, волокна или сформированные из фибрилл и волокон бумага и картон. Достоинствами целлюлозного компонента являются высокая прочность целлюлозных фибрилл, большая гидрофильность и впитывающая способность, отсутствие у целлюлозы термопластичности, практическая неисчерпаемость сырьевой базы и способность легко подвергаться вторичной переработке, легкая биоразрушаемость использованных изделий.

Полимер, выполняющий роль связующего, устраняет недостатки целлюлозного компонента: увеличивает механические и эластические свойства, снижает падение прочности во влажном состоянии, придает специальные свойства и др. [33].

Технологию обработки и переработки бумаги и картона можно разделить на механическую и физико-химическую (табл. 5.1).

Таблица 5.1

Классификация методов и процессов обработки  
и переработки бумаги и картона

Процесс	Технология	Примеры технологических процессов	
		для бумаги	для картона
Обработка	Механическая	Крепирование, тиснение, каландрирование	Гофрирование
	Физико-химическая	Химическая модификация, нанесение покрытий, пропитка, металлизация, печать	Химическая модификация, нанесение полимерных покрытий, пропитка
Переработка	Механическая	Резка на формат (А4, А3), переработка в мешки, конверты, тетради, блокноты, гильзы, шпули	Переработка в ящики, коробки, комбиблоки
	Физико-химическая	Получение пергамента, слоистых пластиков	—

К *механической* технологии относятся процессы, в которых изменяются форма, внешний вид или физические свойства материалов без изменения состава и надмолекулярной структуры материала.

К *физико-химической* технологии относятся процессы коренного изменения состава, свойств структуры, т. е. внутреннего строения вещества, его надмолекулярной структуры.

## 5.2. Механическая технология обработки бумаги и картона

К механической технологии обработки бумаги и картона относятся процессы каландрирования, мягкого каландрирования, лощения, тиснения, крепирования и др. В результате этих процессов повышаются прочность, гладкость, лоск, появляется дополнительный художественный эффект и др. Наиболее часто применяется способ тиснения.

**Тиснение** – это способ обработки бумаги посредством нанесения на ее поверхность тисненого рисунка в виде сплошных углублений или штрихов для изменения ее фактуры.

Еще в VI веке нашей эры тиснение книг с деревянных досок было известно в Китае, откуда и получило широкое распространение. В Европе тиснение впервые стало применяться при изготовлении игральные карт. В XIII веке на деревянной доске вырезалось выпуклое изображение, и с помощью этой доски делался оттиск на бумаге. Уже в эпоху Средневековья Иоганн Гуттенберг придумал наборные литеры. Он заменил непрочные деревянные литеры на металлические и с помощью простейшего пресса стал печатать первые книги в Европе. Примерно тем же путем, но на сто лет позже, шёл и наш соотечественник Иван Федоров.

В процессе тиснения может меняться цвет поверхности материала, если одновременно с деформированием материала на место, где он деформирован, наносится покрытие приклеиванием пигментированной или металлизированной пленки.

При изготовлении картонной упаковки в основном используется горячее тиснение. Упаковка для парфюмерии, косметики, элитной винно-водочной продукции, медицинских препаратов, игрушек украшается золотой, серебряной, цветной фольгой, а зачастую и рельефным (конгревным) тиснением и сразу становится более презентабельной и отличной от всего многообразия обычной упаковки.

Тиснение применяется также для отделки этикеток. Это позволяет красиво и ярко подчеркнуть необходимое изображение. Для этикеток используют тиснение золотом и серебром. Именно товар, оформленный таким образом, привлекает наибольшее внимание покупателя.

**Классификация и характеристика способов тиснения.** Способы тиснения можно разделить на группы по нескольким признакам [7]:

– по *характеру формы поверхности материала*: плоское, объемное;

- по числу поверхностей материала, обрабатываемых тиснением: одностороннее, двухстороннее;
- по виду тисненой поверхности: плоское, рельефное, конгревное, гребенчатое, гофрирование, текстурирование;
- по виду нанесения покрытия: бескрасочное (блинтовое), тиснение фольгой (плоское, рельефное и конгревное), красочное, тиснение с инкрустацией, тиснение с наклейкой иллюстрации;
- по виду инструмента (штампа): тиснение плоским штампом или цилиндрическим штампом;
- по степени нагрева инструмента: холодное, горячее;
- по типу используемого оборудования: тиснение на тигельных, плоскопечатных, ротационных прессах;
- по виду материала: бумага, картон, пластик, ткань, кожа;
- по виду изделия: на обрезах книжного блока, переплетных крышках, обложках, открытках, этикетках, пластиковых карточках, упаковках, канцелярских изделиях, тиснение кредитных карточек, бумажных, лотерейных билетов и банковских документов, оптических защитных элементов;
- по характеру работы: штриховые, плашечные работы, работы смешанного типа.

*Плоское блинтовое (бескрасочное) тиснение* – наиболее простой вид тиснения, при котором все элементы изображения получают углубленными и лежащими в одной плоскости (рис. 5.1). Материал помещается между опорной поверхностью и штампом, изображение несколько углублено относительно поверхности. Штамп для плоского тиснения подобен форме высокой печати с одинаковым ростом всех печатных элементов.

Блинтовое плоское тиснение применяется для отделки поверхности материала (например, переплетной бумаги под шагреня) или для обработки переплетных крышек из картона и пластмассы; характеризуется частичным уплотнением материала.

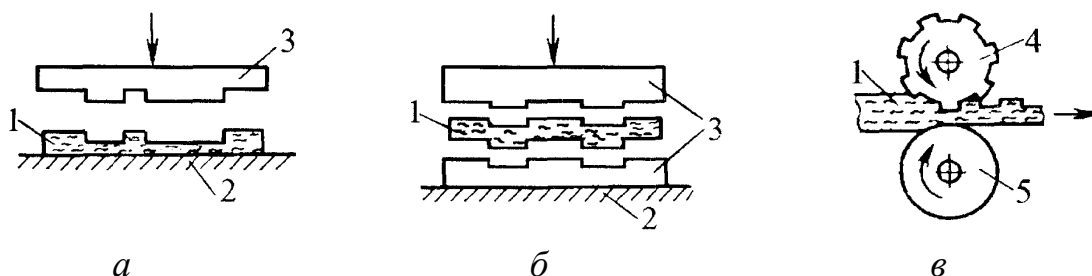


Рис. 5.1. Схемы блинтового плоского тиснения:

- а – плоский штамп; б – плоский двухсторонний штамп; в – ротационный штамп;
- 1 – материал; 2 – жесткое основание; 3 – плоский штамп;
- 4 – ротационный штамп; 5 – опорный вал

Блиновым плоским тиснением оформляют марку и название издательства, рамки, орнаменты, схематичные рисунки и др. Часто оно играет вспомогательную роль: тиснение плашки (значительной по площади сплошной поверхности) выполняют для сглаживания грубой фактуры некоторых видов покровных материалов, чтобы повысить качество последующего тиснения полиграфической фольгой, печати переплетными красками, сделать защитное углубление и обозначить место для наклейки иллюстрации.

Блинтовое плоское тиснение не следует делать на тонком (менее 1,25 мм) картоне, а также при любой толщине картона, если в качестве покровного материала использованы бумага с лакировкой или припрессованной пленкой, коленкоры типа «модерн» или с лаковым покрытием, ткань, склеенная с бумагой.

*Рельефное тиснение* характеризуется тем, что элементы изображения лежат в разных плоскостях (рис. 5.2).

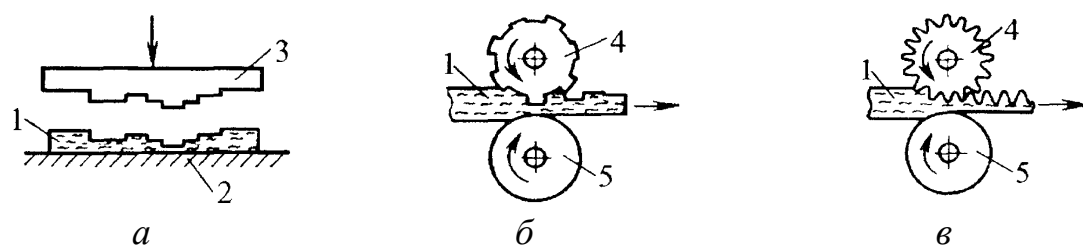


Рис. 5.2. Схемы блинтового рельефного тиснения:

а – плоский штамп; б – ротационный штамп; в – гренирование;

1 – материал; 2 – жесткое основание; 3 – плоский штамп;

4 – ротационный штамп; 5 – опорный вал

*Конгревное тиснение* является двухсторонним рельефным тиснением с получением на обратной стороне материала рельефного изображения, повторяющего изображение на лицевой стороне (рис. 5.3).

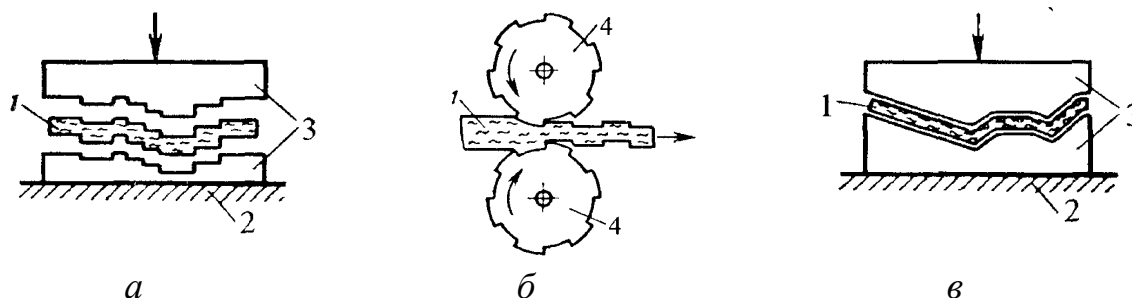


Рис. 5.3. Схемы двухстороннего рельефного (конгревного) тиснения и гофрирования:

а – плоский штамп; б – ротационный штамп (гофрирование);

в – высокопластичное рельефное тиснение; 1 – материал;

2 – жесткое основание; 3 – плоский штамп; 4 – ротационный штамп

Данный вид тиснения назван по имени английского конструктора У. Конгрева (1772–1828). Изображение может быть как выпуклым, так и вогнутым. Достоинством данной технологии является способность придать продукции индивидуальность. Применяется для изготовления визитных карточек, фирменных бланков, ярлыков, приглашений и другой полиграфической продукции.

Для конгревного тиснения используется прессовый матричный штамп с углубленным изображением и контрштамп в сочетании с матрицей с выпуклым изображением, в точности повторяющим штамп, но в обратном рельефном виде. В этом случае полученное изображение возвышается над поверхностью материала.

Иногда применяется матричный штамп с выступающим изображением и контрштамп (матрица с вогнутым изображением, в точности повторяющим штамп, но в обратном рельефном виде). В таком случае полученное изображение располагается ниже поверхности материала.

Различают окрашенный и неокрашенный (слепой), одноуровневый и многоуровневый конгревы. При многоуровневом конгревном тиснении используются гравированные латунные штампы. Слепое конгревное тиснение делается как холодным, так и горячим штампом.

Изготовление конгревных штампов требует высокой квалификации гравера, что обуславливает их сравнительно высокую стоимость, поэтому конгревным тиснением обычно оформляют переплетные крышки изданий улучшенного и подарочного типов, обложки популярных серий, рекламных журналов, открытки, этикетки.

Разновидностями рельефного тиснения являются операции отделки рулонных и листовых материалов – *гренирование* и *гофрирование*.

*Гренирование* – это вид одностороннего рельефного тиснения, в результате которого изменяется фактура или создается однородный рельеф на тонком рулонном или листовом материале (см. рис. 5.2). Величина рельефа лицевой поверхности материала невелика и обычно меньше его толщины. Гренирование применяется при изготовлении специальных видов бумаги и картона, в производстве упаковки престижных товаров и редко при изготовлении репродукций и открыток высокого качества. Технология гренирования во многом аналогична технологии конгревного тиснения, но величина рельефа лицевой поверхности материала или оттиска невелика, обычно меньше толщины материала, подвергаемого отделке.

В массовом производстве генированных материалов прессовая пара представляет собой латунный каландр из двух стальных валов. На поверхность одного вала регулярный рельефный рисунок наносится электронным гравированием, травлением медного покрытия или набивкой комплектом пуансонов. Второй цилиндр играет роль матрицы, он имеет плотное бумажное покрытие, контррельеф на котором получают постепенным вдавливанием рельефного изображения на малой скорости работы каландра. В среднесерийном производстве при работе на позолотных прессах штамп изготавливают ручным гравированием, травлением листовой меди или латуни после получения на пластине копии изображения, стойкой к действию хлорного железа. В качестве матрицы могут быть использованы картон поверхностной плотностью от 250 до 1000 г/м<sup>2</sup>, твердая резина, кожа и специальная паста, затвердевающая при введении инициатора полимеризации. Вид матрицы подбирается с учетом вида рисунка и материала для генирования: картонная – для простых изображений на тонкой бумаге и металлической фольге, на толстой бумаге и картоне, резиновая – для мелких рисунков на жесткой бумаге, полимерная – для любых рисунков на мягкой бумаге и полимерных пленках.

Рекомендуемая влажность бумаги и картона в процессе генирования – 10 %. В процессе генирования регулируются температура, сила прижима и скорость вращения каландра, которые определяют время силового и теплового воздействия на деформируемый материал. Эти параметры, как и режимы конгревного тиснения, определяют качество продукции – внешний вид и сохранность полученного рельефного рисунка.

*Гофрирование* – это вид конгревного тиснения с получением однородного рельефа на тонком рулонном или листовом материале (см. рис. 5.3, б).

*Текстурирование* – способ тиснения, в результате которого получается текстура. Текстура – мелкий, одноуровневый рельеф с малым рисунком, повторенным до бесконечности, который воспроизводит вид определенного материала, например кожи.

**Комбинированные виды тиснения.** Для получения глубокого или тонкого детального рельефа используются блинтовое плоское и конгревное тиснения. Сначала материал подвергается обработке штампом для плоского тиснения, а затем штампом для конгревного тиснения при втором проходе через машину.

В последнее время в отечественной полиграфии в производстве изданий малого формата и большого объема (толщина брошюры

15...20 мм и более) стали применять конгревное тиснение на обложке из генированного материала толщиной 0,22...0,24 мм.

*Тиснение фольгой.* Благодаря своим богатым изобразительным возможностям оно стало самым распространенным способом полиграфического оформления.

Тиснение полиграфической фольгой, как и блинговое плоское тиснение, выполняется нагретым плоскорельефным штампом, давящие элементы которого возвышаются над пробельными и лежат в одной плоскости. Существенным отличием этого способа является то, что в процессе тиснения между штампом и материалом помещается полиграфическая фольга, имеющая красочный слой, который нанесен на эластичную подложку и содержит адгезив. Красочный слой отделяется от подложки под действием горячего штампа и закрепляется на деформированной поверхности материала с помощью адгезива.

Технология тиснения полиграфической фольгой во многом сходна с технологией блингового плоского тиснения, но при этом добавляются операции раскроя фольги, подготовки фольгоподающего механизма, изменяются режимы тиснения. Перенос всех слоев фольги (лака, металлизированного слоя, цветных пигментов) на субстрат под воздействием температуры и давления за одну рабочую операцию – это процесс горячего тиснения.

*Тиснение с высокой печатью.* Оно выполняется на переплетных крышках. Для печатания применяют специальные переплетные краски на пентафталевои связующем, которые отличаются от обычных красок для высокой печати повышенной вязкостью и липкостью, высокой кроющей способностью и скоростью закрепления. Этот способ рекомендуется применять для оформления переплетных крышек из материалов с крахмально-каолиновым и нитрополиамидным покрытиями или без покрытия (коленкоры марок КОК, КМК, КВК, ткани, склеенные с бумагой), допускается для оформления крышек, покрытых бумагой, в том числе лакированной и с припрессованной пленкой. Для оформления переплетных крышек из материалов с нитроцеллюлозным и поливинилхлоридным покрытиями этот способ применять не следует, так как оттиски удовлетворительного качества получить не удастся вследствие плохой смачиваемости этих покрытий переплетными красками.

*Тиснение с инкрустацией.* Инкрустация – это приклеивание на материал крышки другого по цвету материала по всей площади рисунка или какой-либо его части. Переплетный покровный материал с предварительно нанесенным на изнаночную сторону и высушенным

слоем термоплавкого клея выкраивается так, чтобы размер заготовки был больше размера изображения на 5 мм со всех сторон. Материал приклеивают в позолотном прессе штампом для блинтового плоского или конгревного тиснения, имеющим по контуру рисунка режущие кромки высотой чуть больше толщины приклеиваемого материала. Тиснение с одновременной приклейкой и высечкой проводят при температуре штампа 110...120 °С. После тиснения излишки материала снимают вручную.

Из-за сложности изготовления штампа и дополнительных операций по нанесению и сушке клея и раскроя заготовок этот способ, дающий высокий художественный эффект, применяется весьма редко, в основном при оформлении переплетных крышек изданий подарочного типа с ледериновым покровным материалом, с гладким или гренированным бумажным покрытием, на которое инкрустируют рельефное изображение многоцветного оттиска.

*Тиснение с наклейкой иллюстрации.* Предварительно на переплетной крышке выполняется блинтовое плоское тиснение штампом-плашкой соответствующего размера, которое позволяет точно в нужном месте наклеивать иллюстрацию, обеспечивает полный контакт клеевого слоя с материалом крышки, предохраняет иллюстрацию от повреждений при транспортировке и пользовании книгой. Глубина тиснения должна быть несколько больше толщины бумаги иллюстрации, чтобы плоскость приклеенной иллюстрации располагалась ниже лицевой поверхности крышки. Вокруг плашки иногда предусматривают тиснение окаймляющей рамки или орнамента. Наклейка иллюстраций применяется при изготовлении изданий подарочного типа, изданий по искусству при оформлении переплетных крышек.

*Тиснение плоским штампом.* Контакт штампа и материала происходит в тигельных прессах сразу по всей плоскости. Время контакта значительное, что позволяет выполнить конгревное тиснение и получить глубокий рельеф на материалах высокой плотности и толщины. Недостатком данного вида тиснения являются возможные тепловые деформации штампа, что снижает точность привоки и воспроизведения изображения на материале, а также возможно образование воздушных пузырей.

*Тиснение цилиндрическим или ротационным штампом.* Его называют еще *ротационным тиснением*. Оно выполняется на плоскопечатных и ротационных прессах. Вследствие контакта штампа с материалом по узкой полосе и малого времени контакта этот вид тиснения лишен недостатков, характерных для тиснения плоским штампом.



Однако его технологические возможности ограничены в области конгревного тиснения. Применяется для тиснения только на материалах малой плотности и толщины.

*Холодное тиснение ненагретым штампом.* Оно мало распространено и бывает двух видов: *бескрасочное тиснение с прессованием материала* и *тиснение фольгой без прессования*. Первый вид холодного тиснения выполняется обычно полимерными штампами на материалах малой плотности и толщины.

Второй вид холодного тиснения представляет процесс нанесения фольги на запечатываемый материал с помощью специальных полимеризирующихся лаков (клея), чаще УФ-лаков или УФ-клея, предварительно нанесенных на поверхность материала выборочным способом. Это сравнительно недавно разработанный технологический процесс, который рекомендуется, например, для изготовления самоклеящихся этикеток.

Холодное тиснение фольгой без прессования материала является разновидностью клеевого ламинирования или припрессовки фольги к материалу.

Холодная припрессовка фольги – дешевый процесс, который позволяет улучшить оформление печатной продукции без значительного увеличения ее стоимости, помогая полиграфистам, не предоставлявшим ранее услуги тиснения, выходить на новый рынок. Недавно холодное тиснение фольгой имело репутацию перспективной, но сложной технологии, успешно внедрить которую удавалось лишь единицам. Сегодня с разработкой нового клея и специальной фольги технология холодной припрессовки фольгой стала доступной для внедрения во всех типографиях, располагающих печатно-отделочными линиями. Хотя эта технология делает производственный процесс более гибким и снижает затраты на производство, она ни в коем случае не заменяет горячее тиснение, а лишь позволяет расширить область применения фольги.

При сравнении технологий следует принять во внимание, что с увеличением тиража стоимость оттиска, полученного методом горячего тиснения, уменьшается быстрее, чем стоимость оттиска, изготовленного холодным тиснением. Это обусловлено тем, что при больших тиражах стоимость штампа для горячего тиснения составляет лишь незначительную часть общей стоимости заказа, в то время как расход клея при холодной припрессовке прямо пропорционален тиражу. Расходными материалами при холодной припрессовке фольги являются формные пластины, клей и фольга.

Холодная припрессовка фольги к материалу позволяет отделять материалы, которые раньше не могли металлизироваться фольгой. Благодаря отсутствию необходимости в изготовлении дорогостоящих штампов, а также легкости настройки оборудования, новая технология может потеснить позиции горячего тиснения фольгой в секторе малотиражной продукции.

***Штампы для тиснения и материалы для их изготовления.*** Процесс тиснения заключается в давлении нагретого или ненагретого штампа на материал, которое осуществляется с помощью латунного, стального, цинкового или полимерного штампа. Штампы служат для воспроизведения текста или изображения в рельефе. Они позволяют делать многократные копии.

Штампы можно классифицировать по следующим признакам:

- *назначение*: для блинтового, рельефного, конгревного тиснения, гофрирования, гренирования, текстурирования;
- *вид инструмента* (штамп): плоский, ротационный;
- *вид материала*: стальной, медный, латунный, магниевый, цинковый, пластмассовый, фотополимерный;
- *оригинальность*: оригинальный, дубликат.

В основном используют штампы для блинтового, рельефного и конгревного тиснения.

Для надежного крепления штампа крепежными крючками его наружные ребра должны иметь четкий профиль. Толщина и углы сечения выбираются в зависимости от оборудования машины для тиснения.

## **5.3. Полимеры, применяемые при обработке бумаги и картона**

### **5.3.1. Общие сведения**

Простейшим способом придания бумаге дополнительных свойств является нанесение полимерных покрытий. Полимеры являются основным компонентом в покровных и пропитывающих композициях и могут выполнять роль пленкообразующих, связующих или клеящих веществ. Полимеры при обработке бумаги и картона применяются в виде растворов, дисперсий, латексов, эмульсий, расплавов, пленок, волокон, порошков, микрокапсул [25], [32], [33].

К *пленкообразующим* относятся полимеры, способные образовывать на поверхности бумаги или картона непрерывные прочные,

эластичные пленки, придающие целлюлозно-композиционным материалам защитные и барьерные свойства, такие, как жиро-, газо-, воздухо-, водо-, паронепроницаемость, стойкость к атмосферным и химическим воздействиям, способность к склеиванию с целью герметизации упаковки.

К *связующим* относятся полимеры, которые вводят в состав композиции для связи частиц пигмента в сухом покровном слое и для обеспечения их прочного соединения с поверхностью бумаги или картона. Связующее обеспечивает необходимую вязкость и другие реологические свойства покровной суспензии, оказывает влияние на физико-механические, оптические и печатные свойства целлюлозно-композиционных материалов.

К связующим предъявляются следующие требования:

- высокая клеящая способность к частицам пигмента;
- высокая адгезионная способность к бумаге-основе;
- оптимальное водоудержание для предотвращения чрезмерного проникновения покровной суспензии в основу;
- хорошая диспергирующая способность; совместимость со всеми компонентами меловальной суспензии;
- оптимальные вязкость и реологические свойства;
- отсутствие пенообразования при использовании;
- устойчивость к механическим и температурным воздействиям;
- светостойкость и сохранение высокой белизны;
- биологическая устойчивость;
- обеспечение высоких физико-механических, печатных и оптических свойств;
- относительно невысокая стоимость.

Обеспечить выполнение высоких требований, которые предъявляют к полимерам-связующим, легче при использовании сочетания гидрофильных и гидрофобных, натуральных и синтетических полимеров-связующих.

К *клеящим*, или *адгезивам*, относятся полимеры, которые используются для соединения двух или более однородных или разнородных материалов.

## 5.3.2. Водорастворимые полимеры

*Казеин* (ГОСТ 17626-81) – один из традиционных полимеров, который используется в качестве связующего и клеящего вещества при производстве мелованной бумаги, обоев, декоративной бумаги. В последнее время казеин используют все реже.

Казеин относится к фосфоропротеинам, химическая формула  $C_{172}H_{274}N_{44}SPO_{55}$ . Получают казеин из молока. Казеин набухает в воде, но растворяется только в сильнощелочной или сильнокислой средах. Обычно его растворяют в щелочной среде, добавляя 25 %-ный раствор аммиака.

Казеин обладает следующими достоинствами: высокой адгезионной способностью, хорошей пленкообразующей способностью, оказывает диспергирующее действие на пигменты, мало влияет на цвет пигмента в покрытии. Покрытия на его основе обладают прозрачностью, легко подвергаются сшивке, отделке.

К недостаткам казеина следует отнести биологическую неустойчивость, неприятный запах, пенообразование. Покрытие на его основе хрупкое, поэтому требуется введение пластификатора.

*Крахмал и его модификации* (ГОСТ 10163-76) в настоящее время являются наиболее широко используемыми полимерами как пленкообразующее при поверхностной проклейке бумаги для офсетной печати, офисной техники, как связующее при производстве пигментированной, мелованной бумаги, как клеящее вещество при производстве мешков, гофрокартона, коробок.

Крахмал представляет собой углевод, имеющийся в некоторых растениях. Природный крахмал получают из клубней картофеля, зерен пшеницы, кукурузы, риса, тапиоки в виде мелких гранул (зерен), различающихся по форме и размерам.

В состав зерен крахмала входят два полисахарида – амилоза и амилопектин с различной степенью полимеризации и характером связей элементарных звеньев общей формулой  $[C_6H_{10}O_5]_n$ .

Крахмальный клейстер, полученный из немодифицированных крахмалов, имеет два ярко выраженных недостатка, ограничивающих его применение: сравнительно высокую вязкость при очень низкой концентрации и высокую термодинамическую неустойчивость. При понижении температуры происходит его ретроградация, проявляющаяся в частичной кристаллизации и агрегатировании амилозной фракции и выпадении ее из раствора в виде мелкодисперсного гранулированного осадка. Это ухудшает связующие и пленкообразующие свойства крахмала.

Все эти недостатки устраняются в процессе модификации крахмала. Процессы модификации в зависимости от условий обработки сопровождаются окислением, деполимеризацией, этерификацией гидроксильных групп, а также частичным разрушением амилопектина с образованием амилозы. Основными методами являются термическая и химическая модификации.

*Оксидированный (окисленный) крахмал* чаще всего получают с использованием гипохлоритов в качестве модифицирующих агентов. Степень окисления крахмала регулируется в зависимости от цели применения. Чем выше степень окисления крахмала, тем меньше вязкость раствора, и наоборот. Окисленный крахмал при нанесении на поверхность глубже проникает в толщу листа, чему способствуют относительно небольшой размер молекул и их анионный характер. Это положительно сказывается на поверхностной и внутренней прочности бумажного листа.

*Кисотно-модифицированный крахмал (декстрин)* получается при обработке водной суспензии нативного крахмала в кислой среде при температуре ниже температуры клейстеризации, которая приводит к расщеплению цепи крахмала. Такой крахмал легче диспергируется в воде, клейстеризуется при более низкой температуре. Растворы имеют низкую вязкость, но склонны к ретроградации.

*Катионный крахмал* в последние годы получил широкое распространение. Его модификация заключается во введении в молекулу крахмала функциональных групп, несущих положительный заряд (например, четвертичный аммоний и фосфор, третичные amino-, сульфо- и другие группы). Введение групп в молекулу происходит в результате обменной реакции.

В водной среде четвертичные аммониевые группы несут положительный заряд, обуславливающий катионные свойства крахмалов. Третичные аммониевые группы снижают температуру клейстеризации крахмала, причем наблюдается прямо пропорциональная зависимость между содержанием групп и снижением температуры. Растворы крахмала имеют низкую вязкость, являются стабильными даже при низких значениях pH, не подвержены ретроградации. Объясняется это возникающими силами отталкивания между группами третичного аммония, которые полностью ионизированы при низких значениях pH. Катионный крахмал применяют для увеличения прочности бумаги, повышения удержания наполнителей, для поверхностной проклейки и в качестве связующего при меловании.

*Простые эфиры целлюлозы* относятся к искусственным полимерам, обладают связующими, пленкообразующими и клеящими свойствами. Они широко применяются при поверхностной проклейке, в процессах мелования, при производстве обоев и др.

*Натриевая соль карбоксиметилцеллюлозы Na-КМЦ* (продукт реакции щелочной целлюлозы с монохлоруксусной кислотой) и *метилцеллюлоза* (продукт реакции щелочной целлюлозы с диметилсульфатом) нашли наибольшее применение в процессах обработки и переработки бумаги и картона.

К основным показателям, характеризующим простые эфиры целлюлозы, относят степень этерификации (или степень замещения) гидроксильных групп в элементарных ангидроглюкозных звеньях целлюлозы, степень полимеризации, растворимость в воде и чистоту. Хорошо растворимы в воде продукты со степенью этерификации 0,3...0,8. Показатель степени этерификации, например 0,5, следует понимать так, что у каждого второго элементарного звена этерифицирован один гидроксил. Для поверхностной проклейки применяются продукты, имеющие показатель 0,6...0,8.

Чистый продукт Na-КМЦ – это волокнистые или порошкообразные материалы белого цвета, хорошо растворимые в воде. Важнейшим их свойством является вязкость растворов, которая определяет технологичность применения этих материалов для поверхностной проклейки. Максимальная вязкость растворов наблюдается при значениях pH 6...9. Высокие значения вязкости Na-КМЦ в концентрированном растворе способствуют образованию жиронепроницаемых пленок, а растворы с низкой вязкостью применяют в целях снижения пыления и выщипывания.

*Метилцеллюлоза* используется в качестве добавки для стабилизации и регулирования вязкости латексов и других компонентов покровных суспензий. Введение метилцеллюлозы в меловальные суспензии позволяет обеспечить однородность и постоянство их качественных показателей.

*Поливиниловый спирт* (ГОСТ 10779-78) – синтетический полимер, который получают гидролизом поливинилацетата в присутствии щелочи. Лучшими пленкообразующими и клеящими свойствами обладает поливиниловый спирт со степенью полимеризации 60...90 и содержанием поливинилацетата 20 %. Растворяется в горячей воде при температуре 80...90 °C.

Поливиниловый спирт обладает хорошими пленкообразующими свойствами, образует при поверхностной обработке бумаги прозрачные прочные, эластичные пленки с высоким сопротивлением разрыву. Покрытия на основе поливинилового спирта бактериостойкие, масло-, жиро- и газонепроницаемые. Обладая высокой адгезионной способностью, поливиниловый спирт является хорошим связующим при производстве мелованных бумаг, улучшает гладкость, эластичность и печатные свойства бумаги.

*Полиакриламид* широко используется в производстве бумаги для повышения прочности и удержания наполнителей. Получают полиакриламид сополимеризацией акриламида и акриловой кислоты.

Полиакриламид хорошо растворим в воде при температуре 75...80 °С. Наличие в полиакриламиде двух функциональных групп обуславливает его высокую ценность в качестве проклеивающего материала для поверхностной обработки бумаги.

### 5.3.3. Латексы

Латексы – это коллоидные водные дисперсии полимеров с диаметром частиц 50...300 нм, стабилизированные, содержащие гидратирующие группы поверхностно-активных веществ [33].

Состоят латексы из дисперсной фазы, которая представляет собой большое число макромолекул полимера: от нескольких десятков до нескольких сотен и более в зависимости от размера глобул, дисперсионной среды – воды и от 10 до 20 специальных компонентов-добавок (стабилизаторы, эмульгаторы, пеногасители, красители, антиоксиданты, пластификаторы, наполнители и др.).

Размер частиц дисперсной фазы – основная характеристика коллоидной системы – определяет реологические и оптические свойства латекса. Диаметр частиц большинства синтетических латексов в зависимости от их технологии приготовления обычно составляет от 30 до 300 нм. Для искусственных латексов максимальный размер частиц достигает 500 нм, а в натуральном латексе встречаются частицы диаметром 10 нм.

Содержимое твердого вещества в товарном продукте в современных латексах составляет 25...70 %, вязкость – 500...1000 мПа·с, плотность – 1 кг/дм<sup>3</sup>, если латекс не содержит наполнителей. Латексы чувствительны к низким температурам и не выдерживают заморозания.

Классифицируют латексы в зависимости от их происхождения: натуральные, синтетические, искусственные и модифицированные.

*Натуральный латекс* представляет собой млечный сок каучуконосного растения бразильской гевеи. Каучук, находящийся в латексе, представляет собой 1,4-цис-полиизопрен. Содержание его достигает 40 %.

*Синтетические латексы* (ГОСТ 24920-81) получают методом эмульсионной полимеризации. Синтетические латексы являются основным и самым многочисленным классом. Их классифицируют по химическому составу полимера или исходных мономеров. В соответствии с этим признаком синтетические латексы подразделяют на бутадиенстирольные, карбоксилсодержащие, бутадиеннитрильные,

акрилатные, винилацетатные (ГОСТ 18992-80), на основе винил- и винилиденхлоридов, на основе фторированных мономеров и др.

*Искусственные латексы* представляют собой латексы на основе каучуков (СКС-65ГП, ГОСТ 10564-75; СКС-50ГПС, ГОСТ 14053-78; СКС-30). Их получают диспергированием в воде предварительно синтезированных полимеров в присутствии поверхностно-активных веществ (эмульгаторов) с последующей отгонкой из эмульсии растворителя и концентрированием полученной дисперсии. Размер частиц в искусственных латексах больше, чем в синтетических.

*Модифицированные латексы* – это латексы, подвергнутые химической модификации, например вулканизированные латексы, галогенированные и гидрогалогенированные, латексно-смоляные композиции.

В последние годы ведется интенсивная разработка латексов на основе натуральных полимеров. Биополимерные латексы обладают худшими пленкообразующими и барьерными свойствами, однако основным достоинством является их полная биоразлагаемость.

В процессах обработки и переработки бумаги и картона чаще всего используют синтетические латексы на основе полиакрилатов, полиметакрилатов, полистирола, полибутадиена, поливинилацетата, полиолефинов и их сополимеров, реже – искусственные латексы на основе бутилкаучука, сополимера этилена с пропиленом и др. Латексы используются как пленкообразующие, связующие и клеящие вещества.

Как *пленкообразующие* латексы используются при производстве бумаги и картона для упаковки, для производства бумаги декоративного назначения и др.

Как *связующие* латексы используют при производстве мелованной бумаги и картона, для грунтования обоев. Введение латексов в меловальные суспензии позволяет увеличить содержание сухого остатка до 70 %, при этом сохраняются необходимые реологические свойства, низкая вязкость и высокая текучесть суспензии, что позволяет использовать ее на современных установках.

Синтетические полимеры, на основе которых изготавливают латексы, термопластичны, поэтому в процессе сушки и горячего каландрирования происходит растекание покровного слоя, покрытие получается сомкнутым, гладким, с высоким лоском, хорошо воспринимающим печатные краски, и столь эластичным, что отпадает надобность в пластификаторах. Введение латекса уменьшает пыльность и придает покрытию водостойкость.



К недостаткам латексов следует отнести пенистость и запах. При введении пигментов и механическом воздействии могут нарушаться адсорбционные слои эмульгатора на поверхности глобул полимера, и тогда система может коагулировать. Поэтому перед введением латекса в покровную суспензию для его стабилизации необходимо добавить защитный коллоид, в качестве которого выступают водорастворимые полимеры.

#### **5.3.4. Дисперсии полимеров для поверхностной проклейки бумаги и картона**

Поверхностная проклейка – это обработка на клеильном прессе бумаги-основы с целью создания оптимальной впитывающей способности к различным жидкостям (воде, чернилам, печатной краске, тонерам), маслам, жирам. Кроме того, поверхностная проклейка улучшает структурно-механические, печатные и оптические свойства.

Традиционно при производстве бумаги или картона используют проклеивающие композиции на основе водорастворимых полимеров – чаще всего окисленного катионного крахмала или карбоксиметилцеллюлозы. Однако при использовании современных методов цифровой печати у такой бумаги или картона наблюдаются плохое качество печати и повышенная пылимость. Это связано с тем, что сформированная на поверхности бумажного полотна пленка из водорастворимых полимеров в процессе сушки начинает сжиматься в ХУ-направлении. Поскольку крахмал и карбоксиметилцеллюлоза являются жесткоцепными полимерами, в полимерной сетке возникают значительные усадочные напряжения, приводящие к появлению микротрещин, по которым при печати происходят расплывание краски, чернил и проникновение их в толщу листа.

При разработке композиционных составов для поверхностной проклейки используют систему на основе смеси гидрофильных и гидрофобных полимеров. В качестве гидрофильного полимера чаще всего выступают различные модификации крахмала, в качестве гидрофобного полимера – сополимеры стирола с акрилатом, полиуретаны в виде дисперсий.

Дисперсии состоят из гидрофобного полимерного ядра – сферических частиц синтетических полимеров (размер частиц 70...200 нм) и защитного коллоида. В процессе поверхностной проклейки капиллярно-пористая структура бумаги заполняется, а поверхность покрывается смесью крахмала и дисперсии синтетического полимера.

В процессе сушки на волокнах целлюлозы и наполнители формируется пленка, имеющая структуру взаимопроникающей полимерной сетки. Такая структура состоит из гидрофильной крахмальной матрицы с гидрофобными полимерными частицами, равномерно распределенными в ней. Температура сушки бумаги значительно превышает температуру стеклования синтетических полимеров, поэтому, когда в крахмальной матрице начинают возникать усадочные напряжения, синтетические полимеры, сохраняя свою пластичность, придают эластичность крахмально-полимерной пленке и снимают возникающие усадочные напряжения, предотвращая тем самым появление микротрещин.

### 5.3.5. Кремнийорганические полимеры

Кремнийорганические полимеры – это элементоорганические полимеры, содержащие кремний. В процессах обработки и переработки бумаги и картона используются полимеры, для которых характерна кремнийкислородная (силоксановая) связь. Они относятся к группе полиорганосилоксанов, называемых также силиконами, для которых характерна формула  $\text{SiR}_2\text{-O-SiR}_2$ . Силоксановые связи придают покрытию твердость, а углеродные группы полимеров способствуют образованию эластичного покрытия.

Силиконы растворяются в алифатических, ароматических и галогенопроизводных углеводородах, кетонах и эфирах. Силиконы химически устойчивы: Si-O-Si-связи разрушаются только концентрированными щелочами и кислотами.

Используют полиметилсилоксаны (ГОСТ 13031-77) при производстве силиконизированной бумаги для упаковки, антиадгезионной бумаги для упаковки липких материалов (пластырей, липких этикеток). Силиконы характеризуются хорошей способностью к пленкообразованию, физиологической безвредностью, водо- и озоноустойчивостью, повышенной термостойкостью и антиадгезионными свойствами, т. е. неприлипаемостью к липким материалам. Это свойство силиконов объясняется тем, что атомы кислорода ориентируются к поверхности бумаги, образуя водородные мостики с гидроксильными группами целлюлозы, а в поверхностных слоях покрытия сосредотачиваются метильные группы.

Силиконовые покрытия наносятся из растворов (в толуоле, ксилоле) или из водных дисперсий. В состав покрытия входят отвердители и катализаторы.

### 5.3.6. Термопластичные полимеры

Термопластичные полимеры – полимеры, которые при нагревании переходят из стеклообразного состояния в вязкотекучее, приобретая способность к пластическим (необратимым) деформациям. При охлаждении наблюдается обратная картина: происходит отверждение полимера – переход из вязкотекучего в стеклообразное состояние. При повторном нагревании и охлаждении процесс повторяется. Температура текучести термопластичных полимеров значительно ниже температуры разложения.

Термопластичные полимеры используются в виде расплавов как пленкообразующие при производстве бумаги и картона для упаковки, моющихся обоев, декоративных бумаг и как клеящие вещества в композиции клея-расплава.

В качестве термопластичных полимеров используют полиолефины – полиэтилен и полипропилен, поливинилхлорид, полиэтилен-терефталат, парафин, церезин, сополимеры – этиленвинилацетат, этиленбутилакрилат, этиленметилакрилат и др.

*Полиэтилен* – это термопластичный полимер белого цвета, выпускается в виде гранул. Получают полиэтилен полимеризацией этилена двумя способами: при высоком давлении (ГОСТ 16337-77Е), при низком давлении в присутствии катализаторов (ГОСТ 16338-85Е).

Для экструзионного нанесения покрытия чаще всего используется полиэтилен, получаемый при высоком давлении. Он имеет линейную структуру с небольшим количеством боковых ответвлений (20...50 на 1000 атомов углерода). Полиэтилен высокого давления характеризуется низкой плотностью (0,915...0,932 г/см<sup>3</sup>), степенью кристалличности от 40 до 60 %, небольшой, по сравнению с полиэтиленом низкого давления, молекулярной массой (18000...35000) и невысокой температурой плавления (108...112 °С).

Полиэтилен низкой плотности образует прочные, эластичные даже при низких температурах пленки и покрытия, которые легко и прочно склеиваются при температуре 110...140 °С. Пленки не имеют вкуса и запаха, отличаются хорошими диэлектрическими свойствами, высокой паро- и водонепроницаемостью, но пропускают углекислый газ и кислород. Полиэтилен обладает высокой стойкостью в отношении щелочей любых концентраций, органических растворителей и кислот.

К недостаткам полиэтилена низкой плотности можно отнести малую теплостойкость (80 °С), не позволяющую использовать его при

стерилизации продуктов, низкую адгезию к бумаге и картону. Под влиянием тепла, ультрафиолетовых лучей и кислорода воздуха происходит старение полиэтилена, при этом ухудшаются его механические свойства и уменьшается прозрачность пленки.

Полиэтилен низкой плотности применяется как пленкообразующее при производстве упаковочных видов бумаги и картона для жидкостей, пищевых и гигроскопических материалов (например, для изделий бытовой химии, замороженных продуктов, пищевых концентратов, молока, фруктов и овощей, медикаментов).

При полимеризации этилена при низком давлении в присутствии катализаторов получается полиэтилен высокой плотности –  $0,96 \text{ г/м}^3$ , имеющий неразветвленные полимерные цепи, со степенью кристалличности 80 %. Такой полиэтилен не имеет широкого применения в процессах обработки и переработки бумаги и картона, так как высокая плотность затрудняет процесс экструдирования. Он используется в смеси с полиэтиленом низкой плотности в противоскручивающем слое полиэтиленированной фотобумаги и при производстве упаковки, требующей высокой стойкости к ударам.

*Полипропилен* (ГОСТ 26996-86) имеет сложную структуру с пространственным расположением метильных групп, большой молекулярной массой (80000...20000) и меньшей плотностью ( $0,90...0,91 \text{ г/м}^3$ ). В зависимости от пространственного расположения метильных групп различают изотактический, атактический и синдиотактический полипропилен. Для нанесения покрытия экструзионным методом желательно использовать изотактический полимер, у которого все метильные группы находятся на одной стороне полимерной цепи. Современные технологии позволяют получать в процессе полимеризации полипропилена до 94...98 % изотактических макромолекул.

Полипропилен имеет ряд преимуществ перед полиэтиленом: у него более высокая термостойкость (температура плавления  $160...170^\circ\text{C}$ ), большие значения твердости, прочности и растяжимости, масло- и жиростойкости, значительно меньшие значения паро- и газопроницаемости. Полипропилен химически более устойчив и образует покрытие более прозрачное и с большим лоском.

К недостаткам полипропилена можно отнести меньшую морозостойкость и легкую окисляемость. Недостатки полипропилена устраняются при добавке к нему 5...10 % полиэтилена.

Полипропиленовое покрытие наносится на бумагу и картон для упаковки продуктов и медицинских материалов, подвергающихся термической обработке.

*Поливинилхлорид* выпускается в виде белого аморфного порошка плотностью  $1,4 \text{ г/см}^3$ , отличается повышенной прочностью, высокой влагонепроницаемостью, непроницаемостью для воздуха, некоторых газов, водяных паров, масел и жиров. Основным недостатком является то, что при температуре выше  $100^\circ\text{C}$  поливинилхлорид разлагается с выделением хлористого водорода, а при температуре минус  $10^\circ\text{C}$  становится хрупким.

Покрывания на основе поливинилхлорида применяются как пленкообразующее при производстве бумаги для упаковки гигроскопичных материалов и продуктов, не требующих газообмена при хранении, и для производства влагонепроницаемых обоев.

*Парафин* представляет собой смесь насыщенных углеводородов ( $\text{C}_{19}\text{H}_{40} - \text{C}_{35}\text{H}_{72}$ ) с молекулярной массой 300...600. Температура плавления парафина  $50...54^\circ\text{C}$ . Парафин растворим в бензине, бензоле, скипидаре, используется обычно в виде водных дисперсий или расплавов, характеризующихся низкой вязкостью. Характерной формой кристаллов парафина является игольчатая или пластинчатая. При быстром охлаждении образуется покрытие с мелкокристаллической структурой, которое со временем стареет, кристаллы укрупняются и выкрашиваются при перегибах.

Парафин применяется как пленкообразующее при производстве парафинированных упаковочных видов бумаги, отличающихся высокой водо-, газо- и паронепроницаемостью, повышенным блеском. Большим преимуществом парафиновых покрытий является способность легко подвергаться термосклейке.

Основной недостаток парафина – это то, что его кристаллы довольно крупные и малоэластичные, со слабой адгезией к бумаге и картону. В результате покрытие получается с малым сопротивлением к истиранию и изгибу. При низких температурах парафиновое покрытие становится хрупким. В большой степени недостатки, свойственные парафиновому покрытию, уменьшаются при введении в его состав микрокристаллических восков – церезинов.

*Церезины, или микрокристаллические воски*, имеют сложный химический состав ( $\text{C}_{37}\text{H}_{76} - \text{C}_{53}\text{H}_{108}$ ) из молекул разветвленного строения с наличием кольцевых структур; молекулярная масса их колеблется от 400 до 1000. Добавление церезина (5...30 %) к парафину способствует образованию покрытия с микрокристаллической структурой. Церезин повышает эластичность покрытия, уменьшает усадку, усиливает способность к термическому склеиванию, но снижает твердость покрытия и увеличивает вязкость расплава.

Парафин и церезин применяются также как клеящие вещества в виде добавок к клеям-расплавам.

*Сополимеры на основе этилена* (этиленвинилацетат, этиленбутилакрилат, этиленметилакрилат), винилхлорида с винилацетатом (ГОСТ 12099-75) получили широкое распространение, так как имеют значительные преимущества по сравнению с полиэтиленом. Их используют при производстве эластичной упаковки – они образуют очень эластичные пленки и покрытия с высокой адгезией к бумаге и картону, легко подвергаются термосвариванию.

## **5.4. Способы и устройства, применяемые для обработки бумаги и картона**

### **5.4.1. Основные процессы, протекающие в узле обработки**

Узел для обработки бумаги или картона должен обеспечивать дозирование, нанесение и разравнивание жидкой системы с последующим ее отверждением. Эти основные стадии процесса обработки бумаги и картона могут в зависимости от вида применяемых устройств осуществляться отдельно или совмещенно. В каждом отдельном случае выбор метода нанесения покрытия определяется особенностями получаемой продукции и реологическими свойствами используемой системы [21], [25].

При всем многообразии устройств, применяемых для нанесения покрытия на бумагу и картон, они могут быть разделены на сравнительно небольшое количество групп, в которых устройства имеют одинаковое конструктивное исполнение или принцип нанесения. Основные критерии выбора способа нанесения связаны, во-первых, с толщиной наносимого покрытия, во-вторых, со структурой покрытия и, в-третьих, со структурой композиционного материала.

При нанесении покрытий необходимо обеспечить либо создание на поверхности бумаги равномерной пленки заданной толщины, либо получение равномерного по толщине композиционного материала. Так, при меловании бумаги в первую очередь необходимо обеспечить равномерную толщину готового композиционного материала, а при получении ультрафильтров на бумажной подложке – равномерность толщины покрытия [29]. Толщина покрытия может меняться в значительных пределах – используются как тонкие покрытия толщиной

менее 3 мкм (например, антиадгезионные кремнийорганические покрытия на предварительно загрунтованной бумаге), так и покрытия со средней толщиной от 3 до 30 мкм. Структура покрытия и композиционного материала может быть различной в зависимости от числа слоев, которые необходимо нанести, а также от того, на одну или две стороны бумаги наносятся покрытия.

В соответствии с рассмотренными критериями выбирается принцип нанесения покрытия и намечаются конструктивные особенности оборудования и параметры процесса. В зависимости от количества наносимого пленкообразующего раствора (или расплава) возможны два пути: дозированное нанесение и нанесение с избытком, удаляемым впоследствии с помощью специальных устройств – шаберов. Первый путь удобнее для обеспечения равномерности толщины покрытия, второй – для обеспечения равномерности толщины всего материала. При удалении избытка нанесенного вещества, в свою очередь, могут применяться различные решения, некоторые из них обеспечивают скорее равномерность толщины покрытия (воздушный шабер), другие – равномерность толщины композиционного материала (гибкий шабер).

Покрытие можно наносить непосредственно на бумагу или на промежуточное рабочее тело. Неравномерность толщины бумаги, неровность ее поверхности, возможность неравномерного смачивания ее поверхности приводят к целесообразности использования (особенно при нанесении покрытий с равномерной, точно заданной толщиной) промежуточного рабочего тела. Чаще всего применяют различные валики с заданной геометрией поверхности (полированные, растровые и др.).

Толщину покрытия можно регулировать за счет дозированного истечения, дозированной подачи или уноса жидкости движущейся поверхностью. Равномерность толщины покрытия может обеспечиваться, во-первых, за счет постоянства вязкости (при учете взаимосвязи реологических свойств, концентрации, температуры), во-вторых, за счет постоянства скорости движения бумаги и ее поверхностных свойств (угла смачивания) и, в-третьих, за счет равномерной подачи насосом или экструдером. Во всех случаях большое значение имеют реологические свойства системы. Сама по себе величина вязкости – одна из самых простых реологических характеристик системы. Применяемые системы являются неньютоновскими, и зависимость вязкости от скорости сдвига или напряжения сдвига оказывает определенное влияние на ход процесса нанесения, так же, как и величина

энергии активации вязкого течения (температурная зависимость вязкости).

Систематизация узлов для нанесения покрытий и конструкция самих узлов связаны с видом используемой полимерной системы. Наиболее распространены четыре варианта нанесения полимерных покрытий на бумагу: 1) нанесение из расплавов; 2) нанесение из растворов; 3) нанесение из дисперсий; 4) наслаивание готовой пленки на бумагу с применением специальных клеящих веществ или методом горячего прессования.

В табл. 5.2 приведена характеристика наиболее распространенных типов устройств для нанесения покрытий.

Таблица 5.2  
Характеристика устройств для нанесения покрытий

Устройство	Свойства покровной композиции		Масса наносимого покрытия, г/м <sup>2</sup>	Скорость нанесения, м/мин
	Содержание сухих веществ, %	Вязкость, мПа·с (Брукфильд, 100 мин <sup>-1</sup> )		
Клеильный пресс	5...30	100...300	2...10	До 500
Пленочный клеильный пресс	1...65	1...2000	3...15	100...1800
Валиковые устройства:				
- разглаживающие	25...45	10 000...30 000	12...30	90...150
- щеточные	30...40	1 000...30 000	15...20	30...120
- офсетно-гравюрные	50...70	1 000 ...2 000	4...10	До 600
- устройства Массей	45...65	2 000...10 000	6...25	350...400
Шаберные устройства:				
- с вращающим шабером	30...50	100...600	10...20	До 200
- с затопленным зазором	50...60	100...3 000	4...20	350...1250
- с фонтанирующим шабером	50...60	1000...3000	4...20	До 1200
- устройства Beel-Blade	50...60	500...1000	10...12	450...1000
- с гибким ножевым шабером	До 72	400...2 000	10...25	350...1500
- с жестким ножевым шабером	До 72	400...2 000	6...15	350...1500
- с воздушным шабером	35...45	100...250	5...30	До 860
Кашировальные устройства	Расплав	10 <sup>6</sup> ...10 <sup>8</sup>	10...400	До 100
Ламинирующая установка	Расплав	До 3·10 <sup>6</sup>	5...200	До 600
Фильера	До 30	До 30 000	До 100	До 100



### 5.4.2. Клеильный пресс

Клеильный пресс используют для поверхностной проклейки, пигментирования и легкого мелования. Клеильный пресс устанавливают в сушильной части бумагоделательной машины, где сухость бумажного полотна при поступлении на поверхностную обработку составляет не менее 70 %, а с учетом увлажнения полотна в прессе его сухость целесообразно поддерживать в пределах 88...95 %. Это объясняется тем, что бумага сухостью ниже 70 % при дополнительном увлажнении будет обрываться. Кроме того, полотно с высокой влажностью после обработки трудно досушивается.

В традиционных двухваликовых клеильных прессах нанесение проклеивающей композиции на поверхность полотна-основы осуществляется с помощью sprays или же снятием ее бумагой с поверхности валов, окунаемых в раствор клея, с последующим отжимом избытка клея между валами пресса.

В зависимости от расположения валов различают прессы вертикальные, горизонтальные и наклонные (рис. 5.4).

Оба вала клеильного пресса должны иметь независимый привод. Каждый пресс состоит из двух валов, между которыми проходит бумага. Диаметр валов (450...700 мм) зависит от скорости и ширины машины. Горизонтальные нижние валы обрешиненные, верхние – из нержавеющей стали.

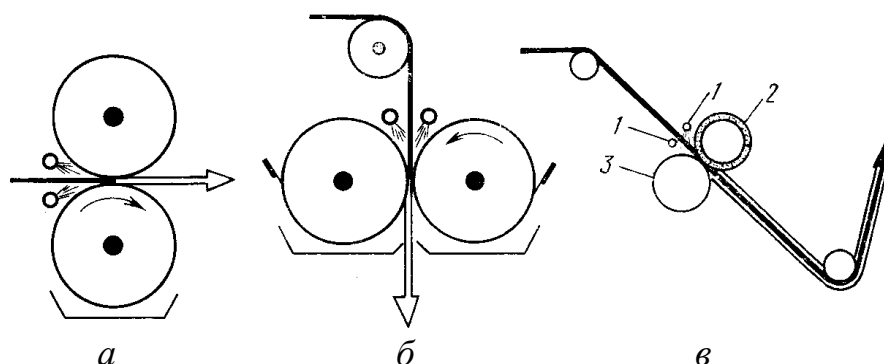


Рис. 5.4 Схемы клеильных прессов:

а – вертикальный; б – горизонтальный; в – наклонный;

1 – подача покровной массы; 2 – обрешиненный вал; 3 – стальной вал

Способ подачи клеевого раствора: у вертикального – нижним валом, погруженным в ванну с суспензией; у горизонтального – sprays на обе стороны бумажного полотна; у наклонного – двумя вспомогательными валиками, между которыми подается суспензия.

Существенный недостаток в работе клеильных прессов всех типов – образование складок на полотне, поэтому на выходе из клеильного пресса бумага проходит специальные разгонные валики для выравнивания поверхности. Валики облицовываются силиконовым покрытием для предотвращения прилипания к ним сырого полотна, покрытого проклеивающим материалом. По той же причине разгонные валики и первый досушивающий цилиндр устанавливаются на таком расстоянии от пресса, чтобы обеспечить частичное затвердевание клеевой пленки.

Бумажное полотно заправляется в зазор между валами пресса, а далее – в досушивающую часть бумагоделательной машины. Валы пресса смыкаются с определенным усилием и в сужающийся зазор со sprысков, расположенных с обеих сторон листа, подается равномерно по всей ширине валов раствор проклеивающего материала с таким расчетом, чтобы постоянно поддерживался определенный уровень клея между валами. Таким образом, в своем движении через клеильный пресс бумажное полотно вначале проходит через слой проклеивающего материала, а затем между валами пресса.

По выходе из пресса бумага с нанесенным клеем поступает на сушку в хвостовую сушильную часть бумагоделательной машины. Процесс проклейки завершается под действием тепловой обработки бумажного полотна при досушке. В этот период бумага приобретает заданные качественные показатели. Поверхностная проклейка в клеильных прессах требует увеличения сушильной части бумагоделательной машины на 15...40 %. Объясняется это трудностью удаления влаги с проклеенной бумаги.

В настоящее время требования к поверхностной проклейке бумаги и картона значительно ужесточились. Это связано с увеличением скорости бумаго- и картоноделательной машины, необходимостью сокращения обрывов и энергии сушки, с повышением требований к качеству готовой продукции. Пигментирование при высоком содержании сухих веществ не может быть эффективно выполнено в обычном прессе. Эти требования обеспечиваются при использовании пленочного клеильного пресса.

### 5.4.3. Пленочный клеильный пресс

Пленочный клеильный пресс (рис. 5.5) предназначен для поверхностной проклейки, пигментирования и мелования бумаги и картона.

Нанесение покровной массы осуществляется формированием на поверхности вала клеильного пресса жидкой пленки заданной

толщины, которая затем переносится на бумагу, находящуюся в зазоре между валами. Толщина жидкой пленки определяется дозирующим стержнем различного диаметра и с нарезкой различного профиля.

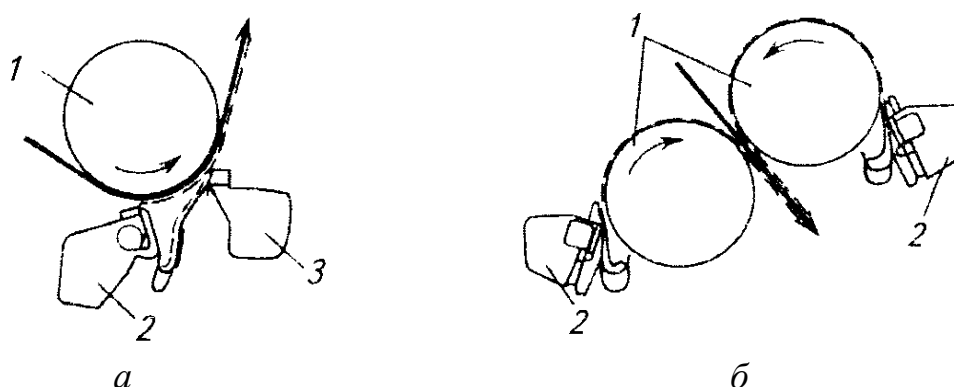


Рис. 5.5. Схемы нанесения покрытий на пленочном клеильном прессе:  
 а – одностороннее покрытие шаберным лезвием с регулированием толщины покрытия шабером; б – двухстороннее пленочное покрытие с нанесением на валы покровного вещества для передачи на бумагу;  
 1 – валы клеильного пресса; 2 – наносищие устройства;  
 3 – шаберное устройство

Основные отличия пленочного клеильного пресса от обычного:

- широкий диапазон скоростей – от 100 до 1800 м/мин;
- возможность нанесения покровной массы от 0,05 г/м (проклейка) до 40 г/м<sup>2</sup> (мелование) на каждую сторону;
- вязкость покровных композиций, составляющая от 1,0 до 2000 мПа·с;
- возможность использования покровных композиций с высоким содержанием сухих веществ и различными реологическими свойствами;
- уменьшение проникновения покровного состава в глубину листа; наносимая композиция остается на поверхности в виде однородной пленки.

#### 5.4.4. Нанесение покрытий с помощью валиков

Валиковый способ нанесения покрытий основан на уносе слоя вязкопластичной жидкости движущейся твердой поверхностью (поверхностью валика или огибающей его бумаги) с последующим возможным переходом жидкости на другую твердую поверхность. Этот способ, являясь достаточно простым, обладает в то же время очень большой гибкостью: его можно применять для растворов, дисперсий

и даже расплавов полимеров. Валиковым способом можно наносить покровные составы вязкостью от нескольких миллипаскалей-секунд до десятков паскалей-секунд при скорости движения бумажного полотна от десятков сантиметров в минуту до 800 м/мин.

Конструктивно валиковые системы чрезвычайно разнообразны, число валиков может изменяться от одного до десяти и более, причем функции каждого валика в системе весьма различны.

Основными элементами валиковых устройств являются:

- купающий валик (рис. 5.6, *а*), поверхность которого огибается бумажным полотном, соприкасающимся с поверхностью жидкости;
- наносящий валик (рис. 5.6, *б, в*), с которого на поверхность бумаги переходит слой наносимой жидкости, ранее унесенной поверхностью валика из ванны или с другого (вспомогательного) валика;
- купающийся валик (рис. 5.6, *в*), частично погруженный в жидкость (или соприкасающийся с ней), уносящий при вращении на своей поверхности слой жидкости, переходящей затем (полностью или частично) на поверхность соприкасающейся с ним бумаги (в этом случае он является наносящим) или промежуточного (вспомогательного) валика;
- дозирующий валик (рис. 5.6, *в*), снимающий с поверхности наносящего валика избыток жидкости перед его контактом с бумажным полотном, как правило, за счет его вращения навстречу (по отношению к точке контакта) наносящему валику;
- прижимной валик (рис. 5.6, *в*), прижимающий огибающее его бумажное полотно к поверхности наносящего валика;

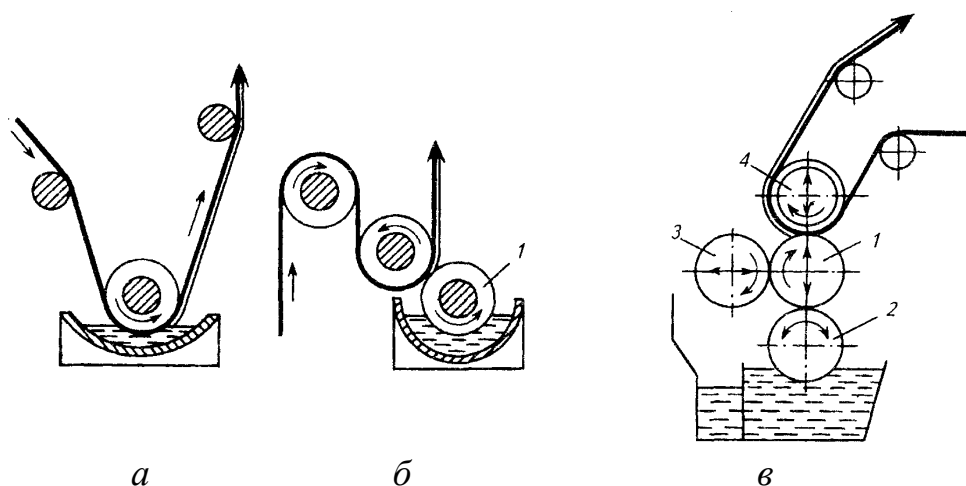


Рис. 5.6. Схемы вариантов нанесения покрытий валиками:

- а* – купающим; *б* – наносящим (купающимся); *в* – купающимся и дозирующим;  
 1 – наносящий валик; 2 – купающийся валик;  
 3 – дозирующий валик; 4 – прижимной валик

– разравнивающий (шлифующий) валик, выравнивающий ранее нанесенный на бумагу слой жидкости за счет вращения навстречу бумажному полотну. По механизму своего действия он приближается к шаберным устройствам.

Валики могут иметь как полированную хромированную, так и резиновую рубашку, причем может использоваться резина различной твердости.

Щеточные устройства служат для нанесения покровного слоя на бумагу с помощью цилиндрической щетки или вала, погруженного в ванну с покровной суспензией, и разравнивающей цилиндрической щетки (рис. 5.7, 5.8), которая разглаживает и втирает покровный слой в полотно бумаги. При нанесении покровной суспензии цилиндрической щеткой устанавливают для разглаживания четыре – шесть вибрирующих щеток.

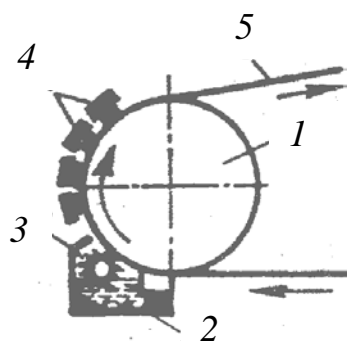


Рис. 5.7. Схема щеточного устройства:

- 1 – вал;
- 2 – суспензия;
- 3 – цилиндрическая щетка;
- 4 – разравнивающие щетки;
- 5 – бумага

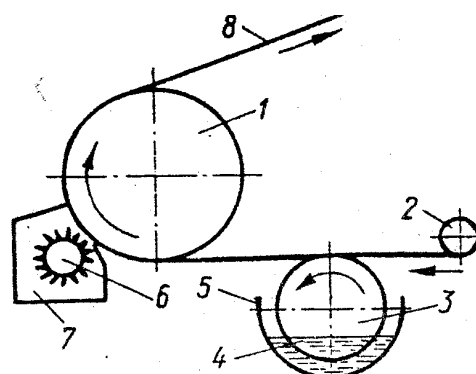


Рис. 5.8. Схема устройства для нанесения покровного слоя с помощью вала и разравнивающей цилиндрической щетки:

- 1 – поддерживающий вал;
- 2 – бумаговедущий валик;
- 3 – вал для нанесения покровного слоя;
- 4 – суспензия; 5 – ванна;
- 6 – разравнивающая щетка;
- 7 – кожух для защиты от разбрызгивания суспензии; 8 – бумага

Для нанесения меловальных покрытий на бумагоделательных машинах применяется устройство Массей. Покровный слой можно наносить на одну или обе стороны бумажного полотна. Для подачи суспензии к валу и нанесения покрытия на лицевую сторону полотна бумаги имеется пять обрезиненных валиков и четыре обрезиненных валика для подачи суспензии к другому валу и нанесения покрытия на сеточную сторону бумаги (рис. 5.9).

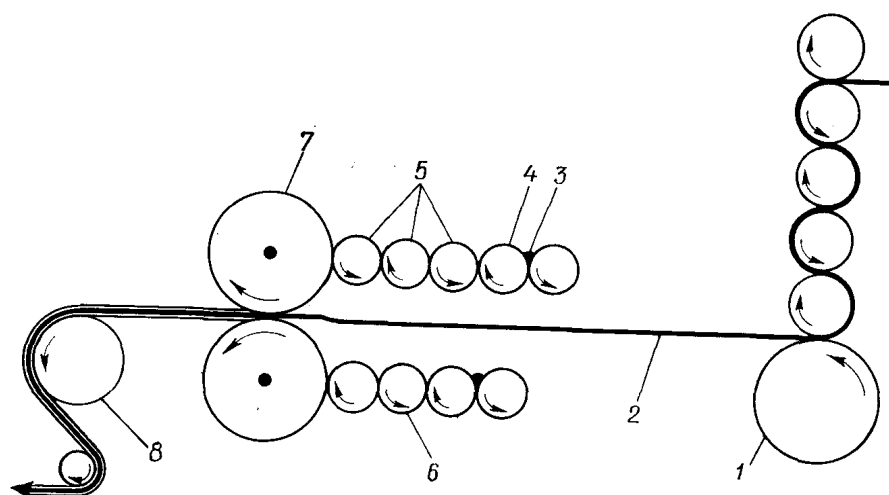


Рис. 5.9. Схема валикового устройства Массей

для двухстороннего нанесения покрытия на бумагу:

- 1 – машинный каландр; 2 – бумага-основа; 3 – подача пасты;  
4 – дозировочный валик; 5 – распределительные валики; 6 – валик с осевым  
возвратно-поступательным движением; 7 – наносящий вал;  
8 – сушильный цилиндр

Валы, наносящие покровный слой на бумагу, также обрезаются. Меловальная суспензия подается в зону контакта между первыми двумя валиками в каждом ряду. Масса одного наносимого слоя составляет  $10...20 \text{ г/м}^2$  и регулируется изменением степени прижима распределительных валиков друг к другу и скоростью их вращения.

#### 5.4.5. Нанесение покрытий с помощью шаберов

Шаберный способ нанесения покрытий основан на удалении с поверхности бумаги избытка покровной массы с помощью шабера. Перед шаберным устройством покровная масса в избытке наносится на бумажное полотно, проходящее через валиковую систему или через ванну с покровной смесью.

Шаберные устройства позволяют наносить покрытия при скорости движения бумажного полотна до  $1500 \text{ м/мин}$ . В точке контакта шабера с бумагой бумажное полотно чаще всего находится на опорной поверхности (обычно на опорном валу), что позволяет, меняя силу прижима шабера, варьировать массу наносимого покрытия. При использовании шаберных систем осуществляются такие основные процессы, как выравнивание (разравнивание) покрытия, частичное вдавливание покровной массы в капиллярно-пористую структуру бумаги (картона), удаление избытка покровной массы с поверхности бумаги.

Существует несколько типов шаберов:

- ножевой – жесткий и гибкий;
- вращающийся;
- воздушный.

**Ножевой жесткий шабер** представляет собой пластину из твердого материала (стекла, нержавеющей стали). Меняя положение шабера (его расстояние от полотна бумаги и угол наклона), можно регулировать толщину наносимого покрытия. Применяют жесткие ножевые шаберы при небольшой ширине бумажного полотна.

**Ножевой гибкий шабер** (лезвие) представляет собой тонкую (0,2...0,3 мм) гибкую пластину, изготовленную из высококачественной стали. Гибкий шабер может сочетаться с различными видами устройств, подающих покровную массу, и может являться одной из стенок ванны, в которой находится покровная масса, и др. Так, в лотковом устройстве (рис. 5.10) огибающая опорный вал бумага-основа образует одну сторону лотка, в котором находится покровная паста, а гибкий шабер образует днище лотка, снимая с полотна, выходящего из нижней части лотка, избыток покровной пасты. Устройство с гибким шабером наносит очень гладкий слой на поверхность бумаги или картона. Ввиду отсутствия вращающихся валиков нет разбрызгивания кроющей дисперсии или раствора.

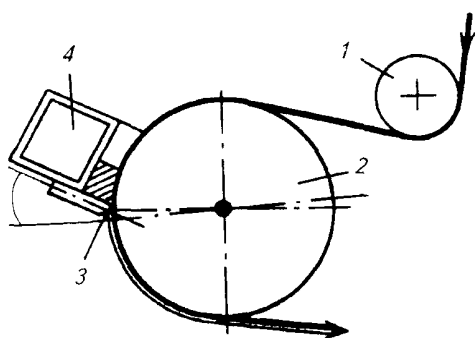


Рис. 5.10. Схема шаберного лоткового устройства:

- 1 – бумаговедущий валик;
- 2 – опорный вал;
- 3 – лезвие шабера;
- 4 – меловальное устройство

В устройстве Beel Blade (рис. 5.11), применяемом для двухстороннего мелования бумаги одним лезвием, бумажное полотно проходит вертикально через заполненное покровной массой пространство между гибким шабером и вращающимся по ходу полотна обрезиненным валом. Скорость движения поверхности вала несколько больше скорости бумажного полотна, и за счет этого происходит разравнивание поверхности покрытия, аналогичное происходящему на другой стороне бумажного полотна под действием шабера.

Устройство Beel Blade позволяет наносить покрытие 10...12 г/м при вязкости покровной массы 0,5...1,0 Па·с и содержании сухих

веществ в ней 50...56 %. Система устойчиво работает при скорости нанесения до 1000 м/мин.

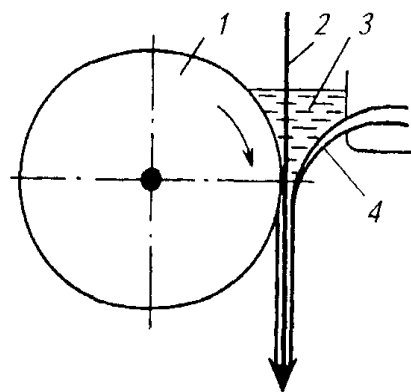


Рис. 5.11. Схема устройства Beel-Blade:  
1 – обрезиненный вал; 2 – полотно бумаги;  
3 – суспензия; 4 – эластичный шабер

Развитием шаберных систем является *фонтанирующий* (или *фонтанный*) шабер (рис. 5.12) и *шаберное устройство с затопленным зазором* (рис. 5.13).

В устройстве с *фонтанирующим шабером* покровная масса наносится с помощью сопла, образованного зазором между двумя шаберными лезвиями. На бумагу, огибающую опорный вал, из зазора снизу наносится покровная масса. При этом само сопло не касается поверхности бумаги. Количество наносимой массы дозируется изменением расстояния и угла между лезвиями. Нанесенное покрытие дополнительно разравнивается перевернутым шабером. Такой сопловый механизм нанесения покровной массы обеспечивает при сравнительной простоте равномерную подачу жидкости, причем вследствие принудительной подачи насосом величина подачи лишь незначительно зависит от реологических свойств покровной массы.

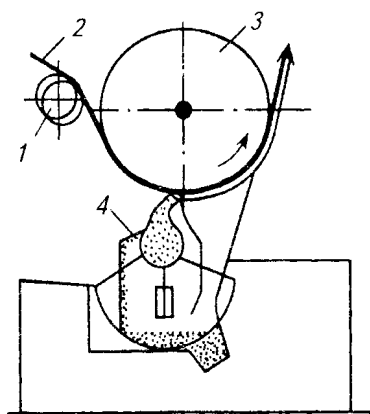


Рис. 5.12. Схема устройства с фонтанирующим шабером:  
1 – бумаговедущий валик; 2 – полотно бумаги; 3 – опорный вал;  
4 – шабер

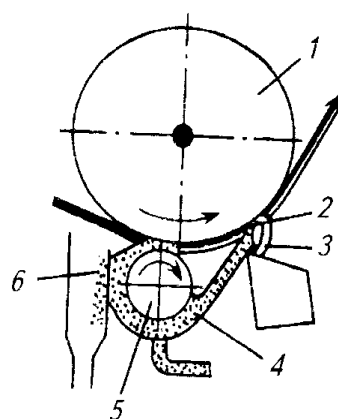


Рис. 5.13. Схема шаберного устройства с затопленным зазором:  
1 – опорный вал; 2 – лезвие шабера;  
3 – держатель шабера; 4 – поддон;  
5 – наносящий валик; 6 – перелив пасты



Сопловый механизм имеет дозирующую и переливную планки, расстояние от которых до бумажного полотна может регулироваться. Ширина нанесения покрытия легко регулируется специальными планками, что позволяет избежать нанесения покрытия на кромки бумажного полотна. Система с фонтанным шабером обладает высокой надежностью и устойчиво работает на скорости до 1200 м/мин.

*В устройстве с затопленным зазором* (см. рис. 5.13) на бумагу, огибающую опорный вал, покровная масса наносится снизу валиком, вращающимся в ванне с покровной суспензией, уровень которой выше зазора между валами. Ванна снизу прижимается к опорному валу. При этом разглаживающий покрытие гибкий шабер является продолжением одной из стенок ванны.

При всем многообразии систем с гибким шабером при их конструировании и эксплуатации приходится решать одни и те же задачи – обеспечение равномерного нанесения покрытия по ширине полотна, легкость и быстрота смены лезвия шабера, предотвращение образования полос на поверхности покрытия.

Для обеспечения равномерности покрытия по ширине большое значение имеет постоянство прижима шабера по всей ширине бумажного полотна. Одним из наиболее эффективных способов решения этой задачи является применение пневматического или гидравлического прижима шабера к бумажному полотну резиновым шлангом, находящимся между гибким шабером и жесткой станиной. Эта система позволяет плавно изменять давление прижима шабера к полотну бумаги (за счет изменения давления в резиновом шланге) и угол контакта шабера с полотном бумаги. Тем самым легко регулируется масса наносимого покрытия в пределах от 5 до 30 г/м<sup>2</sup> при устойчивой работе со скоростью до 1200 м/мин.

Недостатком всех шаберных систем с неподвижным шабером, как ножевым, так и гибким, является возможность образования полос на поверхности покрытия. Они возникают вследствие появления в зоне контакта шабера с поверхностью бумаги вырванных из нее крупных волоконцев, образующих локальные скопления, наличия в покровной массе загрязнений или крупных частиц пигмента. Этому недостатку лишены системы, в которых используется вращающийся шабер (роль-рамель).

***Вращающийся шабер*** представляет собой хромированный стержень диаметром 10 мм, вращающийся навстречу движению бумажного полотна. Гладким вращающимся шабером можно наносить покрытия массой (по сухому веществу) до 9 г/м<sup>2</sup>. Увеличение массы

покрытия до  $12...15 \text{ г/м}^2$  может быть достигнуто при использовании проволочного шабера – вращающегося стержня, плотно обмотанного проволокой диаметром  $0,1...1,0 \text{ мм}$ . Однако это возможно при определенных реологических свойствах покровной массы. При использовании проволочного шабера масса наносимого покрытия зависит от диаметра проволоки.

Недостатком системы с вращающимся шабером является зависимость массы наносимого покрытия не только от реологических свойств покровной массы и гладкости поверхности бумаги (картона), но и от равномерности движения бумажного полотна. Этот недостаток систем с вращающимся шабером устраняется при переходе к комбинированным системам, сочетающим вращающийся и гибкий шаберы.

**Воздушный шабер** (рис. 5.14) работает по принципу удаления избытка покровной массы с полотна бумаги под действием струи воздуха, выходящей из щелевого сопла. В настоящее время установки с воздушным шабером имеют ширину до  $6500 \text{ мм}$  и работают при скоростях нанесения до  $860 \text{ м/мин}$ , масса наносимого покрытия может варьироваться от  $5$  до  $30 \text{ г/см}^2$ .

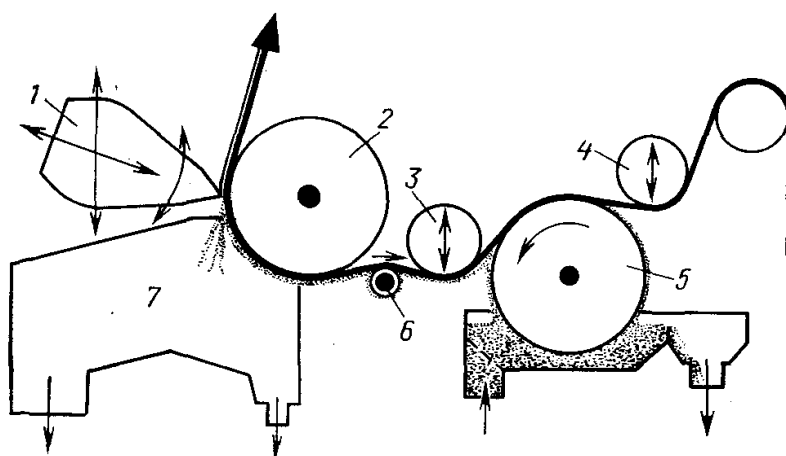


Рис. 5.14. Схема нанесения покрытия воздушным шабером:  
1 – воздушный шабер; 2 – опорный вал; 3, 4 – вертикальные валики;  
5 – купающийся валик; 6 – роль-ракель; 7 – лоток-инжектор

В зависимости от профиля воздушной струи, взаимодействующей с полотном бумаги, воздушный шабер может работать в режиме воздушного ножа или воздушной щетки. Воздушный нож работает при давлении до  $100 \text{ кПа}$ ; направляемый поток воздуха, подаваемый под острым углом к поверхности полотна, снимает избыток покровной массы и одновременно разравнивает нанесенное покрытие.

Воздушная щетка работает под меньшим давлением (25...35 кПа), причем воздух подается перпендикулярно поверхности бумажного полотна.

Покровная масса с избытком наносится на бумажное полотно купающим валиком 5, имеющим плавную (бесступенчатую) регулировку частоты вращения. Угол охвата бумагой валика 5 может меняться за счет вертикального перемещения валиков 3 и 4. Затем бумажное полотно огибает опорный вал 2. На поверхность бумаги, находящейся на опорном валу, подается струя воздуха из воздушного шабера 1, сдувающая избыток покровной суспензии в приемный лоток-инжектор 7. При рабочей скорости более 120 м/мин осуществляют предварительную дозировку с помощью роль-ракеля 6, работающего в сочетании с прижимным валиком 3.

К торцам воздушного шабера 1 с двух сторон от компрессора подается сжатый воздух, проходящий систему регулирования давления. В лотке-инжекторе с помощью отводящих патрубков создается разрежение. Пройдя сепаратор, отработанный воздух с помощью вентилятора выбрасывается в атмосферу. Покровная масса из лотка-инжектора вновь подается в циркуляционную систему.

Основными недостатками воздушного шабера являются возможность использования только низкоконцентрированных (35...40 %) покровных композиций с низкой вязкостью, малая скорость нанесения покрытия, низкие гладкость и глянец покрытия.

Установки с воздушным шабером применяются для нанесения как меловальных, так и многих других покрытий, в частности микрокапсульных, для которых нежелательно механическое воздействие, присутствующее при использовании ножевых или валиковых систем.

#### **5.4.6. Нанесение покрытий способом каширования**

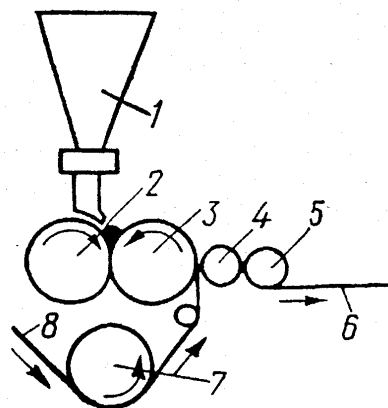
Для нанесения покрытий из расплавов, обладающих высокой вязкостью, применяют кашировальные устройства.

*Каширование* – это процесс формования пленки из расплава полимера в условиях повышенной температуры и давления между двумя обогреваемыми валами с последующей припрессовкой полученной пленки к бумаге (картону). Для получения пленки в зазоре между горячими цилиндрами пригодны те полимеры, которые под действием тепла и давления спекаются. Примером таких полимеров являются полиэтилен, поливинилхлорид, полиуретаны.

Схема устройства для каширования бумаги приведена на рис. 5.15. Гранулированный полимер через дозировочный бункер попадает в зазор между двумя вращающимися друг другу навстречу горячими металлическими валами, где начинает плавиться. Температура одного из них (3) обычно на 5...10 °С выше, чем второго (2).

Рис. 5.15. Схема устройства каширования:

- 1 – дозировочный бункер;
- 2, 3 – металлические валы с электрообогревом;
- 4 – обрезиненный прижимной валик;
- 5 – валик с зеркальной или рифленой поверхностью;
- 6 – бумага с покрытием;
- 7 – цилиндр с электрообогревом;
- 8 – бумага-основа



Горячая пленка полимера, образуемая в просвете между валами, налипает сначала на поверхность металлического вала, а затем обрезиненным валиком прижимается к бумаге-основе, поступающей с раската через цилиндр с электрообогревом. Толщина покровного слоя зависит от величины зазора между металлическими валами; прочность сцепления пленки с бумагой-основой зависит от давления между прижимным обрезиненным и плавильным валами. Отделка поверхности бумаги осуществляется посредством сменного валика, имеющего гладкую зеркальную или рифленую поверхность. Отделочный валик имеет внутреннее охлаждение.

Нанесение полимерных покрытий способом каширования дает возможность не только применять расплавы высокой вязкости, но и варьировать толщину покрытия в широком диапазоне, масса покрытия может колебаться от 10 до 400 г/м<sup>2</sup>.

Недостатком способа каширования является сравнительно низкая скорость нанесения покрытия (40 м/мин) и возможность термоокислительных процессов за счет широкого доступа кислорода воздуха к расплавленному полимеру. Поэтому способ каширования при обработке бумаги используется в меньших масштабах, чем экструзионный.

В качестве материала-основы для каширования можно применять бумагу и картон массой 20...400 г/м<sup>2</sup>, а также санитарно-гигиеническую бумагу массой 15...25 г/м<sup>2</sup>.

### 5.4.7. Нанесение покрытий способом экструзии

Процесс экструзии состоит в непрерывном выдавливании полимера, находящегося в вязкотекучем состоянии, через специальные отверстия определенной формы. Преимущества экструзионного способа заключаются в стабильности, непрерывности, легкой регулировке процесса, сочетающихся с высокой производительностью и высоким качеством покрытия.

Экструдер, головка к нему, оборудование для подачи и соединения бумаги-основы с полимерной пленкой образуют плоскощелевую экструзионно-ламинирующую установку (рис. 5.16, а). Основным ее узлом является экструдер (рис. 5.16, б).

Экструдеры – это машины, предназначенные для пластификации и выдавливания полимерного материала через головку с формирующим каналом определенного сечения. При нанесении на бумагу покрытий экструзионным способом применяются плоскощелевые головки. Рабочим органом экструдера является шнек (червяк). При обработке бумаги обычно используют одночервячные горизонтальные одностадийные экструдеры.

Полимер, обычно в виде гранул, поступает через загрузочное устройство внутрь экструдера, где происходит перемещение полимера по винтовому каналу, образованному вращающимся в цилиндре шнеком (рис. 5.16, в). В результате теплопередачи от обогреваемых стенок цилиндра, а также за счет тепла, выделяемого при деформации полимера в экструдере, происходит плавление полимера. Расплавленный полимер перемешивается, фильтруется через сетки и в щелевой головке превращается в тонкую пленку, которая выдавливается на бумагу.

Экструзионно-ламинирующая установка работает следующим образом. Бумага, поступающая с раската, пройдя узлы предварительной обработки, подается к экструдеру в зазор между гуммированным и охлаждающим валами. Гранулированный полимер загружается через бункер в цилиндр экструдера, где он плавится, и с помощью вращающегося шнека подается через адаптер в мундштук.

Расплавленный полимер, вытекая из щелевой фильеры мундштука, приобретает форму пленки. При выходе из мундштука пленка полимера соединяется с движущейся бумагой в зазоре между гуммированным валом и охлаждающим цилиндром, где происходит охлаждение ламината. Затем с помощью ведущих валиков бумага с покрытием подается на накат.

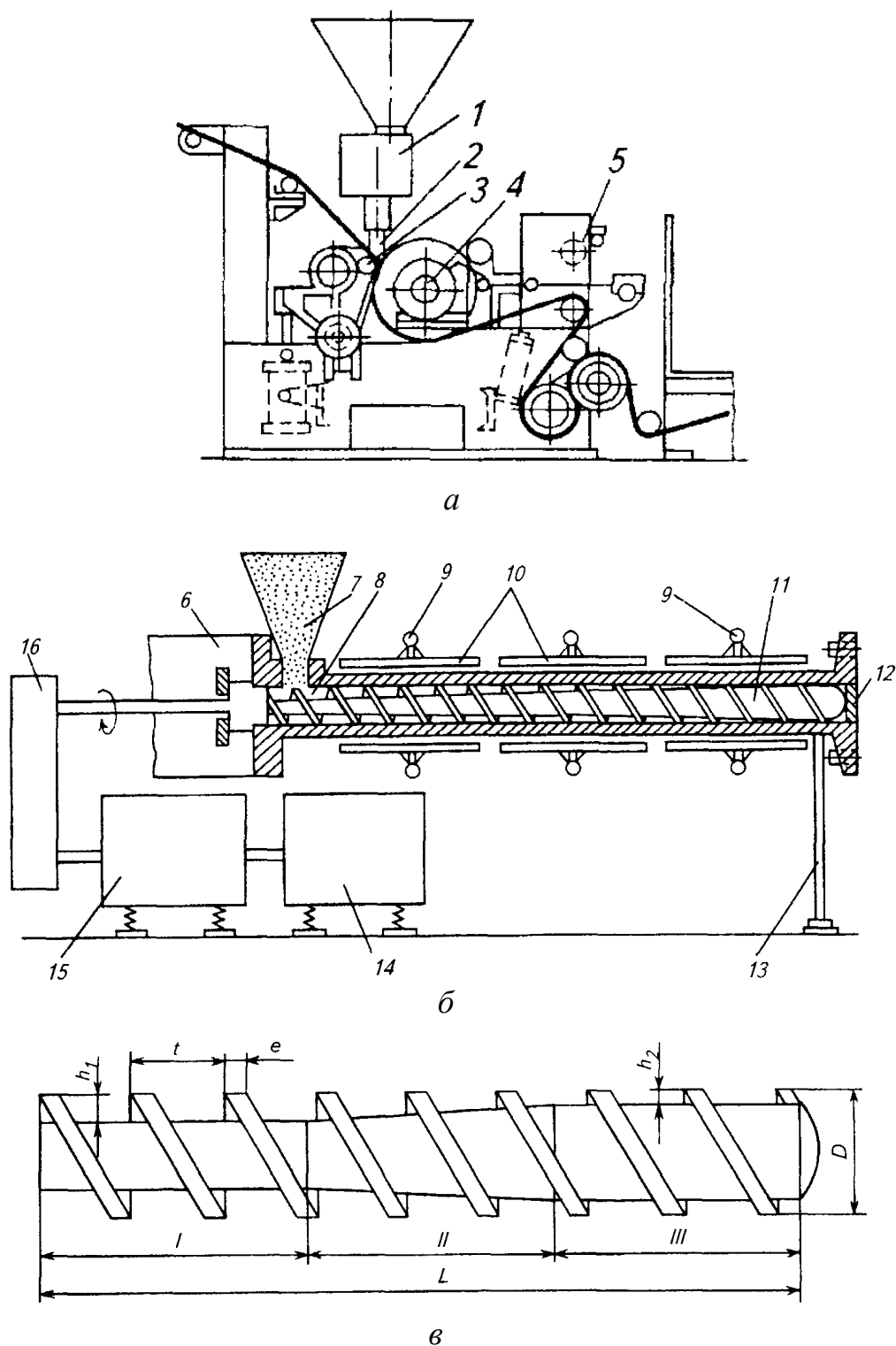


Рис. 5.16. Схема устройства для экструзионного способа нанесения покрытий:  
 а – экструзионно-ламинирующая установка; б – экструдер; в – шнек;  
 1 – экструдер; 2 – фильера экструдера; 3 – гуммированный валик ламинатора;  
 4 – металлический охлаждающий вал ламинатора; 5 – устройство для обрезки кромок;  
 6 – упорный подшипник; 7 – бункер; 8 – цилиндр; 9 – система охлаждения;  
 10 – система обогрева; 11 – шнек; 12 – сетка; 13 – передняя опора; 14 – двигатель;  
 15 – вариатор, или регулятор; 16 – передача; I – зона питания;  
 II – зона сжатия (пластификации); III – зона дозирования (выдавливания)

В зависимости от вида применяемого полимера, массы наносимого покрытия и вида бумаги или картона-основы изменяются такие параметры процесса, как скорость движения бумаги-основы (а соответственно и скорость формования пленки), расстояние от щели головки до точки контакта пленки с бумагой, давление прижима ламинирующих валов и др. Давление в зоне ламинирования зависит от ширины зоны прижима, обусловленной твердостью гуммированного вала.

Преимуществом экструзионного способа по сравнению с нанесением эмульсий, растворов или суспензий является отсутствие ослабляющего воздействия растворителей (в первую очередь воды) на основу и резкое снижение энергозатрат. Основные трудности, возникающие при экструзионном способе, связаны со слабой адгезионной способностью полимерного покрытия по отношению к бумаге-основе.

Усилить адгезию можно несколькими способами: во-первых, повышением температуры основы и полимера в момент нанесения покрытия, во-вторых, грунтованием основы и, в-третьих, обработкой основы коронным разрядом.

На рис. 5.17 приведены два варианта экструзионно-ламинаторного процесса.

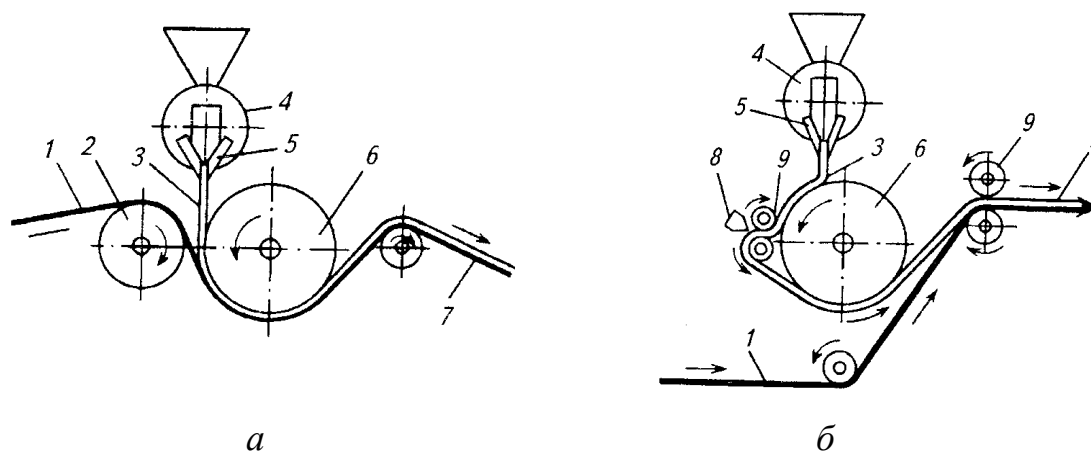


Рис. 5.17. Схема экструзионно-ламинаторного процесса:

*а* – при высоких температурах; *б* – при низких температурах;

1 – бумага-основа; 2 – гуммированный валик ламинатора; 3 – полиэтилен;  
4 – экструдер; 5 – фильера экструдера; 6 – металлический вал ламинатора;  
7 – композиционный материал; 8 – узел активации поверхности полиэтиленовой пленки; 9 – направляющие ролики

При высокотемпературном варианте (рис. 5.17, *а*) бумага-основа подается между валиками ламинатора вместе с полиэтиленом, экструдирваемым при температуре 280...300 °С. При низкотемпературном варианте (рис. 5.17, *б*) расплав полиэтилена, выходящий через

фильеру экструдера при температуре 210...250 °С, проходит дополнительную обработку: расплав поступает на большой охлаждающий металлический вал, на котором остывает до температуры пленкообразования полиэтилена. Затем пленка обрабатывается коронным разрядом в узле активации и лишь затем поступает в узел ламинирования, в котором соединяется с бумагой-основой, также прошедшей предварительную обработку коронным разрядом.

#### 5.4.8. Нанесение покрытий с помощью фильеры

Более толстые однослойные покрытия наносятся с помощью фильеры. При этом способе используются покровные массы средней вязкости. Покрытие наносится при невысоких скоростях (рис. 5.18).

Главной деталью фильерного устройства являются сопла, в которые под давлением подается суспензия или раствор для дальнейшего разбрызгивания или распыления на верхнюю поверхность полотна бумаги (картона).

Фильера чаще всего представляет собой корытообразный металлический резервуар (рис. 5.19), имеющий щель по всей длине в нижней части.

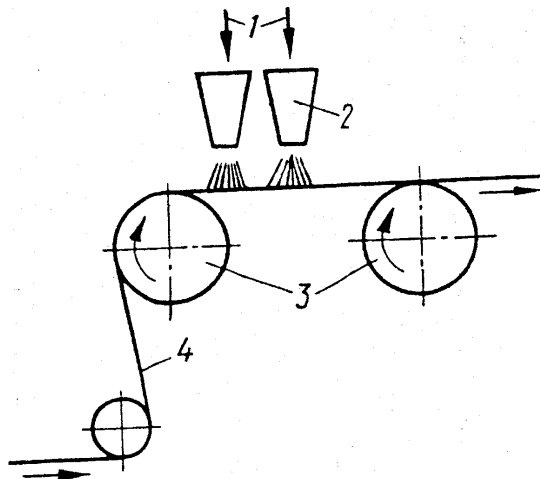


Рис. 5.18. Схема фильерного разбрызгивающего устройства:

1 – суспензия; 2 – сопла;  
3 – поддерживающие валы;  
4 – бумага

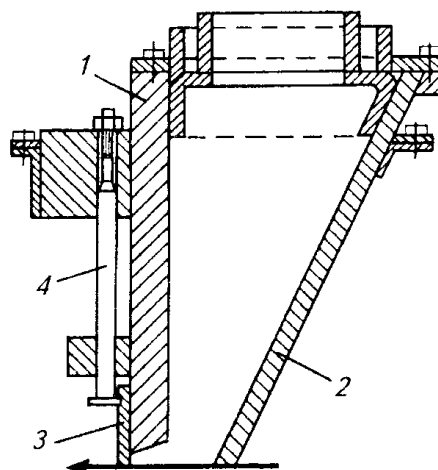


Рис. 5.19. Схема фильеры для растворов высокой вязкости:

1 – передняя стенка; 2 – задняя стенка;  
3 – ограничительная планка;  
4 – регулировочный валик

Покрытие наносится при невысоких скоростях, так как при скорости выше 100 м/мин трудно получить равномерный покровный слой. Для регулирования толщины наносимого на бумагу слоя на нижней части передней стенки имеется планка, нижний край которой



отшлифован. Меняя высоту подъема планки, можно регулировать количество пленкообразующего раствора, подаваемого на бумагу, а следовательно, и толщину образующейся пленки. Фильеры такого типа пригодны для нанесения покрытий из высоковязких полимерных растворов (с вязкостью 25 Па·с и выше). Для нанесения тонких покрытий из низковязких пленкообразующих растворов используют фильеру с валиком или запасной камерой. В фильерах с валиком толщина подаваемого на бумагу слоя раствора определяется расстоянием между поверхностями валика и бумаги и скоростью вращения валика. В фильере с запасной камерой металлический корпус разделен перегородкой на запасную и рабочую камеры. Пленкообразующий раствор подается в запасную камеру, из нее поступает в рабочую камеру и лишь оттуда вытекает на поверхность бумаги. Для равномерности толщины покрытия по ширине бумажного полотна с внутренней стороны передней стенки около щели имеется гибкая металлическая пластинка с микрометрическими винтами для регулирования подачи раствора по ширине полотна.

Для работы с пленкообразующими растворами большой вязкости используют фильеры, работающие под избыточным давлением — 50...60 кПа, создаваемым с помощью дозирующего насоса.

#### **5.4.9. Нанесение покрытий с использованием заранее полученной пленки (ламинирование)**

Соединение бумаги с готовыми полимерными пленками наиболее широко применяется для облагораживания поверхности высококачественной полиграфической продукции, при получении многослойных упаковочных ламинатов (бумага — полимерная пленка — фольга), электроизоляционных (в частности, для пазовой изоляции электродвигателей), при получении различных видов армированной бумаги. В ряде случаев только ламинирование обеспечивает придание продукции необходимых эксплуатационных свойств.

Используют готовые полимерные пленки с высокими физико-механическими показателями, которые обеспечиваются за счет ориентационной вытяжки и термофиксации.

Процесс получения самой пленки не относится непосредственно к технологии обработки и переработки бумаги (картона). Соответствующие предприятия выпускают такие пленки в качестве товарного продукта. Наиболее широко используются полиэтилентерефталатные, полиолефиновые, полипропиленовые, а также поливинилхлоридные пленки.

Для соединения бумаги с полимерными пленками применяют способы, основанные на использовании клеящих веществ, и способы горячей припрессовки термопластичных пленок. При использовании клеящих веществ применяются способы сухого и мокрого ламинирования или клеи-расплавы. При сухом ламинировании бумага и пленка соединяются после сушки клеевого слоя, а при мокром – до высыхания клея. Обычно клей наносят на пленку.

При сухом ламинировании (рис. 5.20, *а*) клей в виде раствора или дисперсии наносится на пленку различными устройствами, аналогичными применяемым при нанесении покрытий на бумагу. Чаще всего для этой цели применяют купающийся валик или систему из нескольких валиков, иногда в сочетании с воздушным шабером; используют также растровый вал. Принципы выбора конкретного вида наносящего узла остаются теми же, что и при нанесении покрытий на бумагу (способ нанесения клея зависит от его реологических свойств, требуемой толщины клеевого слоя, связанной в свою очередь с толщиной приклеиваемой бумаги и ее шероховатостью). После нанесения клея в узле пленка поступает в сушильную камеру, где происходит испарение растворителя или дисперсионной среды. Сушка может осуществляться теплым воздухом, ИК-лучами, а также их сочетанием. Выйдя из сушильной камеры, пленка с высушенным (точнее, подсушенным) клеевым слоем соединяется с поступающей с раската бумагой в каландре, имеющем обогреваемый полированный стальной вал и прижимной вал с эластичной оболочкой. После сушки клеевой слой должен сохранить способность к термосклеивке – температура текучести клеевого слоя должна быть ниже температуры каландра. На обогреваемом каландре кроме того происходит испарение остатков растворителя клеевого слоя.

Окончательное склеивание бумаги с пленкой достигается при охлаждении термопластичного клея, для чего материал проходит вокруг охлаждающего вала. В случае использования отверждающихся термореактивных клеев или двухкомпонентных клеев окончательное склеивание происходит при акклиматизации материала, продолжительность которой иногда достигает нескольких суток.

При мокром ламинировании (рис. 5.20, *б*) чаще всего применяют водные дисперсии клеящих веществ (например, поливинилацетатную эмульсию). Клей наносится на пленку так же, как при сухом ламинировании, однако бумага соединяется с пленкой сразу же после нанесения клея, и лишь затем материал поступает в сушильную камеру. Пары воды (или применяемого растворителя) удаляются при

сушке через пористую структуру бумаги. Так как при мокром ламинировании соединение склеиваемых материалов происходит практически сразу после нанесения клея, нет принципиальной разницы, наносится ли клей на пленку или на бумагу.

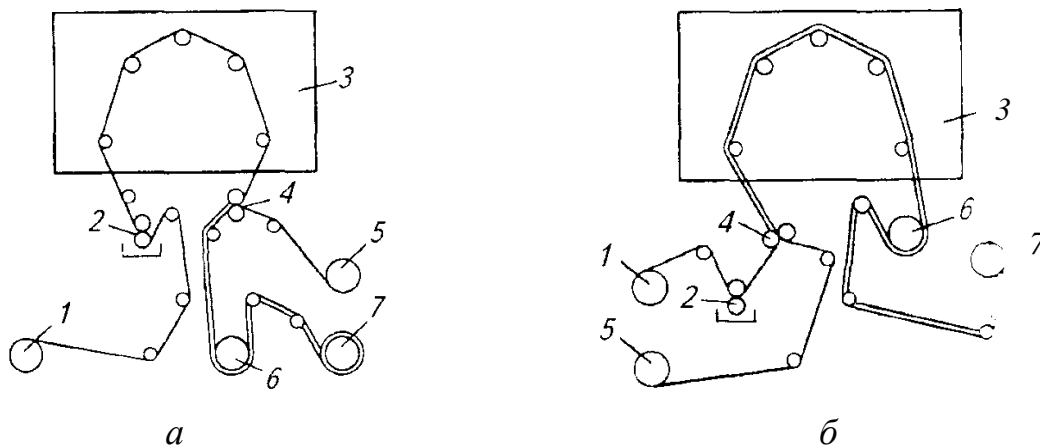


Рис. 5.20. Схема ламинирования: *а* – сухого; *б* – мокрого;  
1 – раскат пленки; 2 – нанесение клея; 3 – сушильная камера;  
4 – обогреваемый каландр; 5 – раскат бумаги; 6 – охлаждающие валы; 7 – накат

Нанесение клея может осуществляться с использованием различных вариантов валиковых систем. При использовании клеев-расплавов расплавленное клеящее вещество с помощью валиковых систем или экструдера может наноситься на любой из склеиваемых компонентов – при охлаждении материала происходит окончательное склеивание. Благодаря тому, что сушка в этом случае не нужна, значительно упрощается оборудование и открывается возможность значительного повышения рабочих скоростей, однако ассортимент клеев-расплавов пока ограничен.

Горячая припрессовка термопластичных пленок наиболее применима при использовании полиэтиленовых и полиолефиновых пленок. Поверхность полиэтилена при нагревании переходит в вязкотекучее состояние. Прикладываемое одновременно с повышением температуры давление обеспечивает вдавливание расплавленного полиэтилена в бумажный лист. Процесс может осуществляться в горячем прессе или на горячем каландре. Такой способ удобен и при применении двухслойных пленок «полиэтилен – лавсан», когда полиэтилен играет роль термокля.

Наиболее сложным явлением при осуществлении ламинирования бумаги полимерными пленками является адгезия. Применяемые клеи должны обладать хорошей адгезией и с полимерными пленками,

и с бумагой. При этом, если для бумаги принципиально может быть реализован любой из трех видов адгезии (механическая, специфическая или за счет сегментальной совместимости), то для пленки реализация механической адгезии невозможна.

Возможности осуществления специфической адгезии при мокром и сухом ламинировании неодинаковы. При мокром ламинировании специфическая адгезия обуславливается активностью содержащегося в клее растворителя по отношению к полимерным компонентам бумаги. При сухом ламинировании на первый план выходит равновесная влажность бумаги, так как именно она определяет физическое (релаксационное) состояние полимерных компонентов бумаги.

#### 5.4.10. Пропитка

*Пропитка* – это введение в бумагу или картон различных химических веществ с целью подготовки к дальнейшей переработке или придания им специфических свойств, таких, как термо- и биостойкость, водонепроницаемость и др. Осуществляется пропитка за счет сил диффузии или капиллярного всасывания.

Наиболее широкое применение получили два способа пропитки. По одному из них бумагу или картон погружают в раствор с последующим удалением растворителя в сушке и осаждением химических веществ на волокнах. Другой способ заключается в пропитке бумаги или картона расплавленными связующими с последующим охлаждением пропитанного материала.

При нанесении покрытий из растворов или расплавов химические вещества проникают на малую глубину, а в результате пропитки происходит заполнение пор между волокнами и пор самих волокон по всей толщине обрабатываемого материала. Поэтому при пропитке используются менее вязкие составы.

Скорость пропитки определяется рядом таких факторов, как капиллярно-пористая структура бумаги, угол смачивания бумаги жидкостью, ее влажность и др. Требуемое содержание жидкости в пропитанном материале может достигаться несколькими путями:

- регулируемый отжим материала, насыщенного пропиточным раствором;
- изменение продолжительности пребывания материала в пропиточной зоне (как за счет изменения скорости движения бумаги, так и за счет изменения длины, на которой происходит контакт бумаги с жидкостью);

– нанесение на бумагу требуемого количества жидкости дозирующими устройствами, применяемыми при нанесении на бумагу покрытий (целесообразно в случае, если нанесенная на поверхность бумаги жидкость способна достаточно быстро, до испарения растворителя, равномерно пропитать бумагу).

Одна из важнейших задач при пропитке – вытеснение из пор воздуха и паров воды (при температуре пропиточной жидкости выше 100 °С, например, при использовании расплава битума).

Удаление воздуха из бумаги при ее пропитке может осуществляться разными путями:

– бумажное полотно вводится в пропиточную ванну при минимальном угле наклона к поверхности раствора, почти параллельно поверхности. В результате жидкость смачивает вначале нижнюю сторону бумаги и, впитываясь, вытесняет из толщи бумаги через верхнюю сторону воздух;

– применение различного рода устройств для одностороннего смачивания бумаги, аналогичных используемым при нанесении на бумагу покрытий;

– применение отжимных валиков погружного типа, т.е. находящихся в пропиточном растворе. В этом случае при сжатии материала в отжимном устройстве из него выдавливается воздух, находящийся в порах материала. При выходе из отжимного устройства происходит упругое восстановление капиллярно-пористой структуры материала, и капилляры заполняются пропиточным раствором.

Наиболее простая конструкция узла пропитки показана на рис. 5.21. Бумажное полотно проходит тянущий и регулирующие натяжные валики, вертикально погружается в пропиточную ванну и, огибая погружающий валик, вертикально выходит вверх.

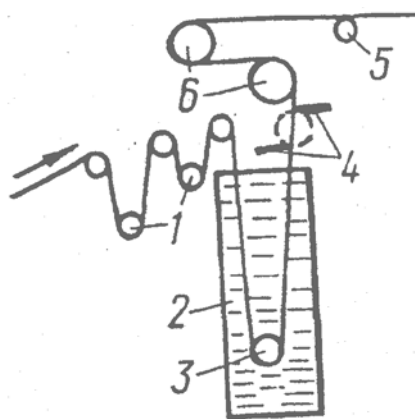


Рис. 5.21. Схема узла пропитки:

- 1 – валики регулировки натяжения;
- 2 – пропиточная ванна;
- 3 – погружающий валик;
- 4 – скребки;
- 5 – бумаговедущий валик;
- 6 – тянущие валы

Содержание связующего в пропиточной бумаге регулируется скребками-ножами, смонтированными на опорных головках, позволяющих заменять их в процессе работы машины. В зависимости от требований технологического регламента используют скребки-ножи различного профиля.

Длина пути бумаги и картона в пропитывающем растворе регулируется подъемом или опусканием ванны. Для более быстрого удаления воздуха из бумаги полотно вводят в пропиточный раствор под минимальным углом наклона. При этом связующее смачивает одну сторону бумаги, вытесняя воздух из пор между волокнами, что обеспечивает более быструю пропитку в ванне.

Возможна пропитка в аэрозольной среде (рис. 5.22).

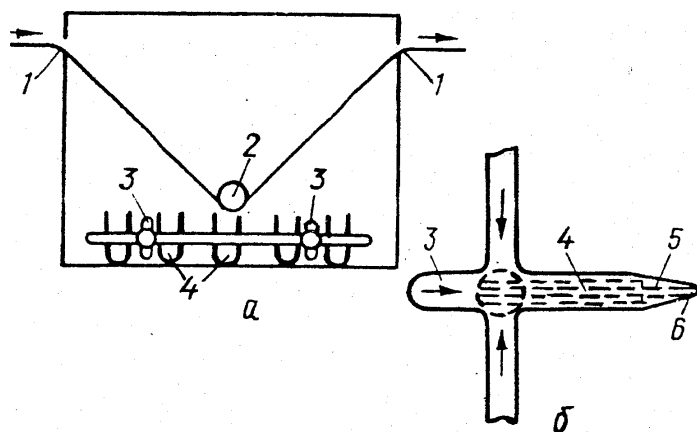


Рис. 5.22. Схема узла пропитки в аэрозольной среде:

- а* – продольный разрез узла;
- б* – разрез форсунки;
- 1* – щели камеры;
- 2* – бумаговедущий валик;
- 3* – форсунки;
- 4* – капиллярные отверстия;
- 5* – распылительная насадка;
- 6* – сопло

Установка состоит из герметичной камеры, в боковых стенках которой сделаны прорезы для прохода бумаги. На дне камеры расположен изогнутый вкладыш, на котором установлен паровой змеевик для обогрева. Над ним закреплен бумаговедущий валик. По контуру камеры, на некотором расстоянии от стенок, закольцована труба с форсунками.

#### 5.4.11. Металлизация бумаги

Металлизированная бумага состоит из бумаги-основы и покровного слоя на основе металла. Используется металлизированная бумага в основном как декоративная в полиграфической промышленности, для этикеток, елочных игрушек, подарочной упаковки и др. [7].

В качестве основы используют бумагу широкого ассортимента с высокими прочностными и деформационными свойствами, с оптимальной впитывающей способностью, массой 45...130 г/м<sup>2</sup>.

Существует несколько способов нанесения и закрепления металлического слоя на бумаге (табл. 5.3).

Металлизацию бумаги из паров металла осуществляют на специальной установке при высоком вакууме путем осаждения распыляемого при температуре 1400 °С алюминия, олова или цинка на бумажное полотно, которое затем охлаждается.

Таблица 5.3

Способы получения металлизированных видов бумаги

Способ нанесения и закрепления покрытия	Масса покрытия, г/м <sup>2</sup>	Применяемое оборудование
Суспензия, содержащая водорастворимый полимер-связующее, металлические пигменты и технологические добавки, наносится на бумагу-основу	25...30	Покровные машины
Суспензия, содержащая органорастворимый полимер-связующее, металлические пигменты и технологические добавки, наносится на бумагу-основу	25...30	Покровные машины
Сухой металлический порошок напыляется на поверхность бумаги, на которую предварительно нанесен клей	10...15	Бронзирова- льная машина
Металлическая фольга приклеивается к бумаге водным клеем или синтетическими смолами	Опреде- ляется толщиной фольги	Ламинатор
Покрытие на бумагу наносится путем осаждения и закрепления на ней паров металла	0,05...0,1 мкм	Вакуумная установка
Покрытие на бумагу наносится вакуумным способом «Алюглаз» (сочетание металлизации и ламинирования)	0,05...0,1 мкм	Вакуумная установка, ламинатор

Для увеличения адгезии металла, достижения большего блеска, лучшей твердости покрытия бумагу предварительно покрывают пленкообразующим полимером.

Способ металлизации «Алюглаз» в настоящее время считается самым прогрессивным и экономичным. Он состоит из следующих стадий:

– вакуумная металлизация полимерной пленки (например, лавсановой);

- нанесение клея на поверхность металлизированной пленки (в ламинаторе);
- прохождение ламината в контакте с бумагой через валиковый пресс;
- размотка (после выдержки) полученного материала на два рулона: металлизированная бумага и чистая пленка.

Иногда металлизированную бумагу подвергают отделке на тисильном каландре, на котором стальным гравированным валом выдавливаются рисунки на поверхности металлизированного слоя.

*Металлизация* – это технология формирования на поверхности основы тонкой металлической пленки вакуумным напылением алюминия (испарение алюминия в вакууме и его осаждение) (рис. 5.23).

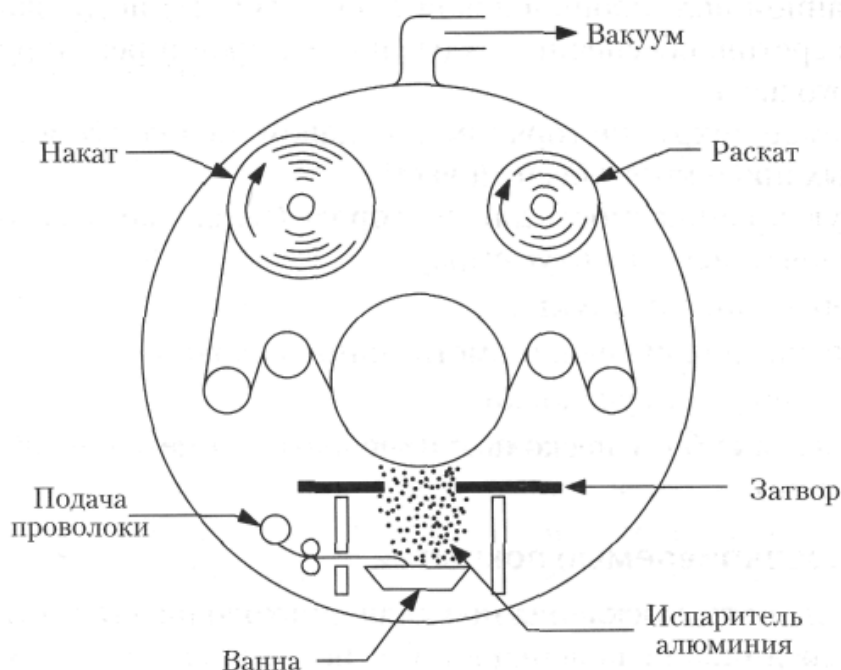


Рис. 5.23. Технологическая схема металлизации

Такую технологию обычно применяют для металлизации полимерной пленки и бумаги. В последнем случае возникают три проблемы, связанные с капиллярно-пористой структурой бумаги и равновесным содержанием в ней влаги. Во-первых, время, необходимое для создания вакуума в материале, увеличивает продолжительность смены рулона и уменьшает содержание влаги, в связи с чем после металлизации бумага требует повторного увлажнения. Во-вторых, поскольку бумага толще пленки, длина обработанного материала в расчете на рулон ниже, и, следовательно, площадь, покрываемая в течение



заданного времени, меньше, чем в случае полимерной пленки. В-третьих, поверхность бумаги не такая гладкая, как у пленки, и существенного улучшения барьерных свойств не происходит.

Чтобы сделать поверхность бумаги более гладкой и улучшить внешний вид после металлизации, ее можно предварительно подвергнуть мелованию и покрыть лаком. Миграции влаги можно избежать, используя технологию металлизации с переносом, при которой металлизированный слой сначала переносится на рулон полипропилена, с которого он затем переносится на бумагу с помощью адгезива. При такой технологии полипропиленовая пленка может использоваться многократно.

Преимуществом металлизированной бумаги является то, что в некоторых случаях ею можно заменить алюминиевую фольгу. Барьерные свойства металлизированной бумаги несколько хуже, чем у фольги, чего нельзя сказать о металлизированных полимерных пленках. Из-за более высоких накладных расходов при металлизации бумаги ее себестоимость мало отличается от себестоимости алюминиевой фольги. Известны случаи применения металлизированной пленки для ламинирования бумаги и картона (в качестве замены алюминиевой фольги). Металлизированную бумагу широко используют для обертывания пачек сигарет перед их упаковкой в блоки или мягкую тару.

#### 5.4.12. Нанесение порошков и ворса

Некоторые виды бумаги и картона вырабатываются путем нанесения на поверхность бумаги-основы металла в виде порошка, абразивного материала, порошкообразного полимера (олигомера), пигментов, а также ворса. Такие покрытия используются при изготовлении обоев, декоративных и упаковочных видов бумаги и картона, иллюстрированных изделий и абразивной бумаги [21], [25], [26].

Существуют два основных способа нанесения порошкообразных веществ и ворса на поверхность бумажного или картонного полотна: механический и электростатический.

**Механический способ нанесения** (рис. 5.24). Данный способ заключается в том, что порошок или ворс равномерно насыпается на поверхность бумажного полотна, предварительно покрытую клеем для лучшей адгезии порошка или ворса и бумаги. Окончательное закрепление материала на клеевом слое происходит в сушильной камере.

Порошок или ворс из бункера через вибрационное сито равномерно насыпается на поверхность движущегося бумажного полотна. Излишний материал удаляется вибратором, постукивающим по противоположной стороне бумаги на пути следования бумажного полотна в сушильную камеру. В результате такого встряхивания частицы покрытия распределяются на поверхности бумаги более равномерно.

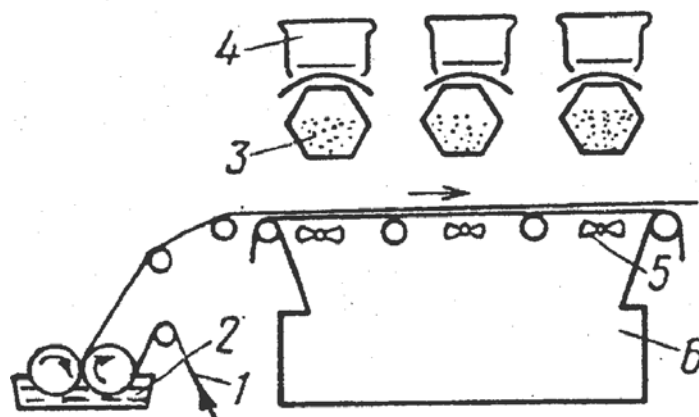


Рис. 5.24. Схема нанесения порошка или ворса на бумагу механическим способом:

1 – бумага-основа; 2 – узел нанесения клея; 3 – бункер;  
4 – насыпное устройство; 5 – вибратор; 6 – сборник для избытка ворса

Для нанесения металлических порошков используется система вращающихся металлических обогреваемых валиков и резиновых наносно-прикатных валиков. На первый резиновый вал поступает из бункера порошок, который передается и прикатывается тонким слоем к полотну бумаги, покрытой клеевым составом. Окончательно прикатывается порошок к клеевому слою специальным резиновым валом. Максимальная скорость механического способа нанесения покрытий составляет 30 м/мин.

**Электростатический способ нанесения.** Установки для электростатического нанесения покрытий представляют собой контурную систему, с помощью которой на поверхность бумажного полотна наносится однородный плотный слой покрытия. Электростатическое поле создается специальными электростатическими аппаратами, действующими при напряжении 25...140 кВ.

Наиболее часто применяется способ, когда электростатическое поле, в котором порошок или ворс наносится на поверхность бумажного полотна, создается между двумя электродами: сеткой дозатора, через которую просеивается материал, и металлической пластиной

под ленточным транспортером, по которому движется бумажное полотно. Частички ворса или порошкообразные частицы, получая заряд от электрода-сетки, притягиваются пластиной, имеющей противоположный заряд, и покрывают поверхность бумажного полотна, на которую предварительно нанесен клей (рис. 5.25).

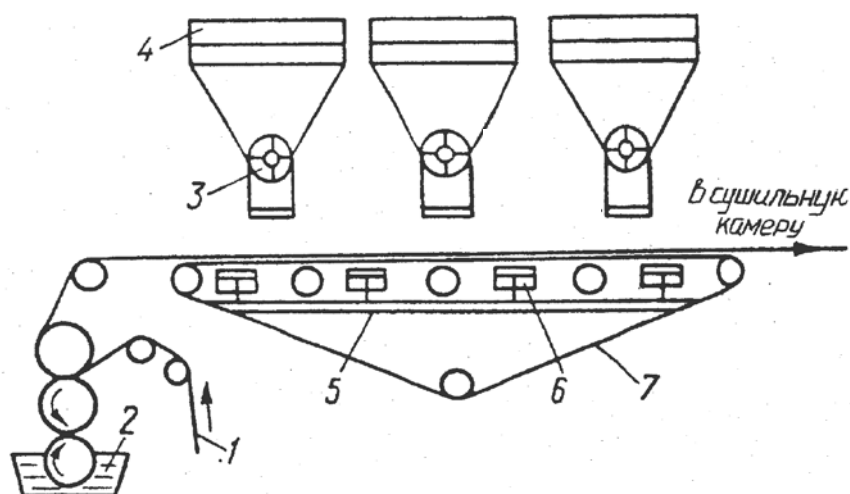


Рис. 5.25. Схема нанесения порошка или ворса на бумагу электростатическим способом:

- 1 – бумага-основа; 2 – узел нанесения клея; 3 – сетки-электроды;  
4 – бункеры-дозаторы; 5 – металлический лист;  
6 – отбойные приспособления; 7 – сукно

Массу покрытия, наносимого электростатическим способом, можно регулировать изменением напряжения на электродах. Максимальное напряжение на электродах составляет 50 кВ. Масса наносимого покрытия колеблется в пределах  $5...80 \text{ г/м}^2$ . Большое значение в получении тонких осажденных слоев имеют размеры напыляемых частиц. При использовании порошков с металлическими гранулами возникает трудность в результате рекуперации материала, рассеянного в камере заряжения. Введение же красящих пигментов, состоящих из крупных гранул, может вызвать появление полос, поэтому требуется, чтобы при покрытиях толщиной  $25...30 \text{ мкм}$  гранулы пигментов не превышали  $1,5 \text{ мкм}$ .

К преимуществам электростатического способа относится получение более равномерного покрытия. Кроме того, покровный слой в данном случае притянут к поверхности, не смещается на ней, порошок не осыпается при удалении бумаги из электростатического поля. Максимальная скорость электростатического нанесения покрытий составляет  $30 \text{ м/мин}$ .

## 5.5. Бумага и картон с полимерным покрытием

Тароупаковочные виды бумаги и картона с полимерным покрытием представляют собой целлюлозный композиционный материал, состоящий из основы (бумаги или картона) с покрытиями из синтетических полимеров:

- бумага и картон с покрытием на основе термопластичных полимеров (полиэтилен, полипропилен, сополимер винилиденхлорида с винилхлоридом, полиэферы и др.);
- бумага и картон с соэкструдированным покрытием из термопластичных полимеров;
- бумага и картон с покрытием на основе латексов и дисперсий;
- бумага парафинированная;
- бумага силиконизированная;
- многослойные целлюлозно-композиционные материалы (ламинаты).

Тароупаковочные виды бумаги и картона с полимерным покрытием применяют для упаковки и сохранения качества пищевых продуктов, технических изделий, различных химических и лекарственных веществ и т. д. К упаковочным материалам, предназначенным для контакта с пищевой продукцией, предъявляются наиболее жесткие требования. При выборе упаковочного материала для таких видов продукции в первую очередь следует обеспечить необходимый уровень санитарно-гигиенических требований. Основным качественным показателем пищевой бумаги является ее инертность, т.е. бумага не должна передавать пищевому продукту никаких присущих ей свойств – кислотности, щелочности и др. Она не должна оказывать на пищевые продукты никакого химического и бактериологического воздействия. Обязательным условием применения упаковочного материала для указанной продукции должно быть наличие гигиенического сертификата, подтверждающего физиологическую безвредность упаковки для человека.

### 5.5.1. Покрытие на основе термопластичных полимеров

Покрытие на основе термопластичных полимеров представляет собой целлюлозно-композиционные материалы, состоящие из бумаги или картона и покрытия на основе полиэтилена, полипропилена, сополимера винилиденхлорида с винилхлоридом, полиэфиров, которое наносится на основу экструдерно-ламинаторным способом.

*Целлюлозно-композиционный материал с полиэтиленовым покрытием* обладает водонепроницаемостью, незначительной проницаемостью водяного пара, морозостойкостью и поэтому широко применяется для упаковки жидких, пастообразных, сыпучих, замороженных и других продуктов. Он пропускает содержащийся в воздухе азот, кислород и углекислый газ, поэтому может применяться для упаковки продуктов, которым нужен газообмен (например, фруктов), но не пригоден для упаковки пищевых продуктов, содержащих ароматические вещества. Обладает химической стойкостью, поэтому применяется для упаковки минеральных удобрений, ядохимикатов, различных гигроскопических сыпучих материалов технического назначения. Обладает хорошими печатными свойствами и способностью к термосварке при температуре 125...170 °С, что позволяет использовать его для автоматизированной упаковки.

К недостаткам относится малая устойчивость этого материала к жирам и маслам.

*Целлюлозно-композиционный материал с полипропиленовым покрытием* обладает большей устойчивостью к жирам и маслам, поэтому применяется для изготовления упаковки жиросодержащих пищевых концентратов, выстилания коробок под рыбу жирных пород. Более высокая термостойкость полипропилена позволяет применять его при изготовлении упаковки для медикаментов, подвергающихся стерилизации, при изготовлении упаковки продуктов, подвергающихся обработке в микроволновой печи.

*Целлюлозно-композиционный материал с покрытием на основе сополимера винилиденхлорида с винилхлоридом* используют для упаковки жиросодержащих пищевых концентратов, ароматических веществ (чая, кофе), продукции медицинского назначения.

*Целлюлозно-композиционный материал с комбинированным покрытием* (полиэтилен-сополимер винилиденхлорида с винилхлоридом) используется для упаковки жиросодержащих пищевых концентратов, пряностей, кофе.

*Целлюлозно-композиционный материал с покрытием на основе полиэфиров* выдерживает нагрев как в микроволновой, так и обычной печи. Используются такие материалы, например, при производстве подносов для печей.

Основными требованиями, которые предъявляются к бумагооснове, на которую наносится полимер из расплава, являются хорошая адгезия к полиэтилену или полипропилену, высокие физико-механические и прочностные свойства, чтобы выдерживать переработку

на экструдерно-ламинаторном агрегате и упаковочных автоматах, хорошие печатные и оптические свойства, высокое сопротивление проникновению жидкостей и газов.

Масса 1 м<sup>2</sup> бумаги определяется типом и размером упаковки, а также областью применения и составляет от 30 до 170 г.

*Картон с одно- или двухсторонним покрытием на основе термопластичных полимеров* стал использоваться для упаковки молока и других жидких продуктов в начале 1950-х годов. Первоначально это были коробки тетраэдрической формы на основе картона с покрытием из полиэтилена низкой плотности внутри и микровосковым покрытием снаружи. В настоящее время это целый класс материалов: картон с двухсторонним покрытием на основе полиэтилена низкой плотности – для изготовления упаковки молочных и жидких продуктов недлительного срока хранения; картон с покрытием на основе полиэтилена низкой плотности – для изготовления упаковки замороженных продуктов, корма для животных, моющих средств и др.; картон с покрытием на основе полиэтилена и полипропилена – для разовой посуды; картон с покрытием на основе полипропилена – для микроволновых печей.

В качестве основы используется одно-, двух- или трехслойный картон на основе беленой и небеленой сульфатной целлюлозы. Масса 1 м<sup>2</sup> составляет от 150 до 500 г в зависимости от области применения.

Наносят покрытие из термопластичных полимеров экструзионным способом на экструдерно-ламинаторной установке. На современных предприятиях на одной установке имеется несколько экструдеров для последовательного нанесения нескольких слоев.

Термопластичные полимеры, применяемые при экструзионном способе нанесения покрытий, являются неполярными полимерами, не имеющими взаимодействующих с целлюлозой групп, поэтому основные трудности, возникающие при экструзионном способе, связаны со слабой адгезией полимерного покрытия к бумаге. На степень адгезии термопластичных полимеров к бумаге влияют несколько факторов: структура поверхности основы, вязкость полимера (индекс расплава), давление между прессовыми валами, температурный режим при нанесении покрытия, расстояние от выпускной щели мундштука до прессовых валов, скорость нанесения покрытия, масса покрытия, вид и режим предварительной обработки.

Для улучшения адгезионных связей между полимером и основой проводят различные виды предварительной обработки или их сочетание: пропускают основу через обогреваемые стальные валики,

подвергают основу обработке при использовании коронного разряда, наносят поверхностное покрытие на основе химикатов, имеющих химическую природу, близкую к природе синтетического полимера.

### **5.5.2. Созэкструдированное покрытие из термопластичных полимеров**

Созэкструдированное покрытие из термопластичных полимеров представляет собой целлюлозно-композиционный материал, состоящий из бумаги или картона и многослойного покрытия. Покрытие на основе полиэтилена, полипропилена, сополимера винилиденхлорида с винилхлоридом, полиэфиров и других термопластичных полимеров последовательно наносится на основу экструдерно-ламинаторным способом.

Способ созэкструзии позволяет придать бумаге новые защитные свойства, определяемые совокупностью свойств применяемых полимеров. Полиэтилен придает материалу способность к термосвариванию; полипропилен прозрачен, жиронепроницаем и термостоек; сополимер винилиденхлорида с винилхлоридом жиро- и газонепроницаем; сополимер этилена с винилацетатом обеспечивает способность покрытия склеиваться при невысоких температурах. Количество того или иного полимера в созэкструдированном покрытии определяется требованиями, предъявляемыми к комбинированным материалам: величиной паро-, водо-, газонепроницаемости, жиростойкости, светонепроницаемости.

Термопластичные полимеры или сополимеры (полиэтилен, полипропилен, сополимеры винилиденхлорида, этилена с винилацетатом и др.) расплавляют в разных экструдерах и после формования из них пленок наносят поочередно в виде двух- или трехслойного покрытия на основу. Возможно также нанесение созэкструдированных покрытий с помощью многоканального мундштука.

### **5.5.3. Покрытие на основе латексов и дисперсий**

Бумага и картон с покрытием на основе латексов и дисперсий характеризуется низкой проницаемостью водяных паров, газов, ароматических веществ, высокой жиростойкостью, хорошими печатными свойствами. Такой материал предназначен для упаковки пищевых продуктов, содержащих жиры и ароматические вещества, гигроскопических продуктов, медикаментов в ампулах, перевязочных средств.

Использование в покровных композициях латексов и дисперсий на основе различных сополимеров позволяет получать материалы с различными барьерными и другими свойствами. Так, использование композиций на основе дисперсий синтетического каучука и поливинилиденхлоридных латексов позволяет получить бумагу с холодно-свариваемым покрытием. Такой материал используется для автоматической упаковки мороженого, замороженных овощей, чувствительных к теплу продуктов, шоколада, сыпучих жиросодержащих продуктов, медикаментов, семян и др.

Использование в покровных композициях латексов на основе термопластичных полимеров с низкой температурой плавления позволяет получить термосвариваемый материал.

Основными требованиями при выборе бумаги-основы являются достаточная механическая прочность, а для тонкой бумаги – и влагопрочность, высокая степень проклейки, чтобы предотвратить проникновение дисперсии внутрь полотна и улучшить формирование структуры покрытия, высокая гладкость. Вследствие этого до нанесения на основу покрытия из латексов и дисперсий ее подвергают предварительной обработке (грунтованию) с целью заполнения пустот и сглаживания поверхности. В качестве материалов для грунтования чаще всего используют природные и синтетические водорастворимые полимеры с наполнителями, красителями и прочими добавками (в зависимости от назначения готового продукта).

Наносят покрытия на специальных установках, где в качестве наносящего устройства чаще всего используют валиковые системы в сочетании с шабером, или на печатных машинах, используя последнюю секцию.

#### **5.5.4. Парафинированная бумага**

Бумага, пропитанная (или покрытая) парафином или модифицированным парафином или их смесью, а также смесью парафинов с термопластичными полимерами, называется парафинированной.

Основная цель парафинирования – повышение барьерных свойств: водо-, паро-, газонепроницаемости бумаги за счет заполнения капиллярно-пористой структуры бумаги. Более высокие барьерные свойства и глянцевая поверхность обеспечиваются при нанесении покрытия на бумагу.

Используется парафинированная бумага для упаковки продуктов, кондитерских изделий, парфюмерии, фармацевтических изделий. Она



предохраняет товары от высыхания, увлажнения, потери аромата или же от приобретения постороннего запаха. Кроме того, парафинированная бумага применяется для упаковки металлических изделий с целью защиты их от коррозии. В последнем случае в состав парафинового покрытия обычно вводят ингибиторы коррозии.

При выборе бумаги-основы (ГОСТ 16711-84) для парафинирования особое внимание уделяется прочностным свойствам, так как парафинированная бумага должна выдерживать значительные нагрузки при автоматизированной упаковке. Следовательно, бумага-основа должна иметь высокую прочность на разрыв и относительное удлинение при растяжении в поперечном направлении, высокий показатель сопротивления продавливанию.

Бумага-основа должна обладать оптимальной впитывающей способностью, чтобы равномерно и в достаточном количестве воспринимать парафинирующие составы. Впитывающая способность бумаги-основы во многом определяется ее объемной массой. При слишком пористой бумаге с объемной массой менее  $0,5 \text{ г/см}^3$  затрудняется регулирование степени парафинирования, при использовании малопористой плотной бумаги парафиновый состав плохо впитывается, слабо закрепляется на поверхности, что приводит к осыпанию его в процессе эксплуатации. Оптимальная плотность бумаги-основы для парафинирования должна составлять  $0,50...0,65 \text{ г/см}^3$ . Чаще всего для парафинирования используется бумага-основа массой  $1 \text{ м}^2$   $25...35 \text{ г}$ .

По виду наносимого покрытия парафинированная бумага подразделяется на три категории: со 100 %-ным рафинированным парафином, с модифицированным парафином, с различными добавками на основе термопластичных полимеров.

Покрытие из чистого парафина имеет повышенную хрупкость, в местах перегибов парафин осыпается, резко снижая барьерные свойства бумаги. В целях улучшения защитных свойств парафинированной бумаги применяют модификации парафинов – различные микрокристаллические воски, например церезины, обладающие более мелкой кристаллической структурой и образующие даже при низких температурах стойкие к перегибам покрытия.

Наиболее эффективны парафинированные бумаги с покрытием на основе микровосков с различными полимерными добавками, например полиэтиленом, полипропиленом, сополимером этилена с винилацетатом. Данные покрытия придают бумаге хорошую эластичность, низкую проницаемость для паров воды, газов, жиров, стойкость против

истирания, устойчивый глянец, позволяют повысить морозостойкость бумаги. Барьерные свойства такой бумаги значительно выше. Кроме того, бумага приобретает способность свариваться при температуре 80 °С и небольшом давлении.

Парафинирование бумаги в основном осуществляется из горячих расплавов (хот-мелтов – *hot melt*), содержащих наряду с парафином, микровосками и термопластичными полимерами специальные технологические добавки: пластификаторы, модификаторы вязкости, антиоксиданты, стабилизаторы и др.

Существует два способа нанесения на бумагу горячих расплавов: в режиме пропитки и в режиме покрытия. В первом случае парафин впитывается в капиллярно-пористую структуру бумаги-основы, равномерно распределяется по толщине, не образуя на поверхности защитную пленку. Во втором случае на поверхности бумаги образуется эластичная пленка, которая препятствует проникновению воды, водяных паров, газов и др.

Режим нанесения определяется вязкостью, которая регулирует глубину проникновения расплава в бумагу-основу, и способом отверждения покрытия. Если покрытие подвергается резкому охлаждению на холодильном цилиндре или в ванне с холодной водой, то на поверхности образуется защитное гляцевое покрытие. Если после нанесения покрытия материал подается на обогреваемый цилиндр, то расплав практически полностью проникает в капиллярно-пористую структуру, равномерно распределяясь по всей толщине бумаги.

Горячий расплав готовят следующим образом: парафин и другие низковязкие составляющие (микrokристаллические воски, канифоль) расплавляют в реакторе, снабженном мешалкой и обогреваемой рубашкой, добавляют антиоксидант и нагревают смесь до 120 °С. Высокомолекулярные полимеры и наполнители, являющиеся трудно совместимыми компонентами, вводят после полного совмещения сополимера с парафином.

С позиций физико-химии полимеров горячие расплавы (хот-мелты) представляют собой раствор-расплав – раствор высокомолекулярных компонентов в расплаве низкомолекулярного компонента. Одной из отличительных особенностей этих систем является резкое падение вязкости в узком температурном диапазоне, значения которого превышают температуры плавления низкомолекулярных компонентов. Применяют одно- и двухстороннее парафинирование.

Для улучшения адгезионной прочности парафина к бумаге применяют ее предварительный нагрев. Затем расплав наносят на одну

сторону бумажного полотна с помощью системы валиков с шабером и подают на холодильный цилиндр.

Двухстороннее покрытие получают пропусканием бумаги через пропиточную ванну. Бумажное полотно с размоточного устройства поступает в ванну, где с помощью валиков его погружают в расплав. Затем полотно с нанесенным слоем парафина проходит между двумя отжимными валиками, снимающими излишки состава. Далее оно подается на выравнивающие валики, которые делают покрытие более равномерным и гладким благодаря высокой скорости вращения. Для того чтобы слой парафина хорошо застыл, бумагу пропускают через ванну с холодной водой и холодильные цилиндры. После этого ее направляют на накат. Тонкая парафинированная бумага, как правило, подается непосредственно на холодильные цилиндры и обработке холодной водой не подвергается.

#### 5.5.5. Силиконизированная бумага

Силиконизированная (антиадгезионная) бумага представляет собой целлюлозно-композиционный материал с одно- или двухсторонним покрытием на основе кремнийорганического полимера (силикона). Покрытие из кремнийорганического полимера придает бумаге антиадгезионные свойства, т.е. неприлипаемость к липким предметам, и высокую степень гидрофобности. Это свойство силиконов объясняется тем, что атомы кислорода ориентируются к поверхности бумаги, образуя водородные мостики с гидроксильными группами целлюлозы, а в поверхностных слоях покрытия сосредотачиваются неполярные метильные группы. Силоксановые связи придают твердость покрытию, а углеродные группы полимеров способствуют образованию эластичного покрытия.

Силиконизированная бумага может быть использована в качестве защитной бумаги для липких этикеток, лейкопластыря, для упаковки липких материалов, таких, как каучук, асфальт, битум. Она применяется в производстве липких обоев, клеевых лент. Силиконовые покрытия физиологически безвредны, поэтому антиадгезионная бумага широко применяется для упаковки продуктов питания.

Из широкого ассортимента кремнийорганических продуктов, производимых современной химической промышленностью, наибольшее применение получили полиорганосилоксаны с различными заместителями у атома кремния и реакционноспособными группами. Масса силиконового покрытия составляет 3...8 г/м<sup>2</sup>.

Основным требованием, определяющим выбор бумаги-основы, является отсутствие миграции кремнийорганических полимеров в бумагу. Бумага-основа должна обладать малой впитывающей способностью, быть хорошо проклеенной, гладкой, обладать низкой воздухопроницаемостью.

В настоящее время в зависимости от назначения бумаги и типа кремнийорганической композиции используют три способа нанесения силиконового покрытия на бумагу: 1) из растворов в органических растворителях; 2) из водных дисперсий; 3) безрастворные кремнийорганические олигомерные композиции.

Кремнийорганические полимеры, растворенные в органических растворителях, образуют на поверхности бумаги более высококачественные покрытия с высокой стабильностью характеристик при длительном хранении, чем те же вещества, используемые в виде водных эмульсий. Вместе с тем применение органических растворителей требует использования сложного оборудования, выполненного во взрывобезопасном исполнении, а также использования системы регенерации растворителей.

Нанесение силиконовых покрытий из водных дисперсий кремнийорганических полимеров, которые получают эмульгированием в водных растворах поливинилового спирта растворов силиконовых смол, более предпочтительно из-за негорючести, нетоксичности и возможности использования обычного оборудования, применяемого в ЦБП. Наиболее перспективным в настоящее время признан способ силиконизирования бумаги с использованием безрастворных олигомерных композиций. В этом случае исключаются затраты на испарение воды или рекуперацию органических растворителей, использование специального оборудования. Однако этот способ требует очень высокой точности дозирования силиконовых композиций для образования тончайших покрытий с массой  $0,5...1,0 \text{ г/м}^2$ , использования бумаги-основы с хорошим качеством поверхности, введения специальных добавок для увеличения времени жизни покровных композиций от нескольких минут до нескольких часов и суток и введения специальных добавок для снижения времени сшивания покрытия.

Для нанесения силиконового покрытия чаще всего используют валиковый способ в сочетании с воздушным или скользящим шаблоном. В целях снижения расхода дорогостоящих силиконов и получения поверхности требуемого качества бумагу-основу предварительно покрывают другими пленкообразующими веществами, к числу которых относятся поливиниловый спирт, эфиры целлюлозы, модифицированные крахмалы.

Отверждение кремнийорганических соединений происходит при температуре 200...250 °С. Для обеспечения более полного отверждения кремнийорганических соединений, а также для снижения температуры сушки бумаги в дисперсию вводят катализаторы процесса сшивки. Для сшивания покрытий, полученных из безрастворных композиций, применяют обработку ультрафиолетом, электронно-лучевой способ, инфракрасную сушку.

### **5.5.6. Многослойные упаковочные целлюлозные композиционные материалы (ламинаты)**

Ламинаты представляют собой многослойные материалы, состоящие из одного или нескольких слоев бумаги или картона, нескольких слоев синтетических полимеров (полиэтилена, микровоска), фольги. Все эти слои соединены в многослойный материал способом ламинирования (каширования) [21], [25], [26].

В зависимости от назначения производятся двух-, трех-, четырех-, пятислойные комбинированные материалы, например:

- бумага-адгезив-фольга (паро-, водо-, ароматонепроницаемый материал); используется для упаковки масла и пищевых жиров, чая;
- фольга-адгезив-бумага-полиэтилен (бумага, с одной стороны склеенная с фольгой и ламинированная полиэтиленом); используется для автоматизированной упаковки, стерилизации и длительного хранения пищевых продуктов.

Широкое применение получили ламинаты на основе картона. Эти материалы используются для производства упаковки (типа тетрапак, пюрпак, комбиблок, квадроблок) жидких продуктов (например, соков, молока длительного хранения, супов и соусов), которые подлежат хранению в течение значительного периода времени. На рис. 5.26 приведена технология производства многослойного ламината и упаковки на его основе для жидких пищевых продуктов.

Многослойный ламинат состоит из 0,4-миллиметрового картона, двухстороннего полиэтиленового покрытия толщиной всего 0,05 мм, что значительно тоньше фольги бытового назначения, и тончайшего слоя алюминиевой фольги толщиной 0,0065 мм. На картон-основу в ходе одной рабочей операции с двух сторон экструзионным способом наносят покрытие из полиэтилена. При изготовлении картонной упаковки для продуктов с продолжительным сроком хранения наносятся еще тонкий слой алюминия и дополнительный слой полиэтилена, который является связкой между картоном и алюминиевым покрытием.

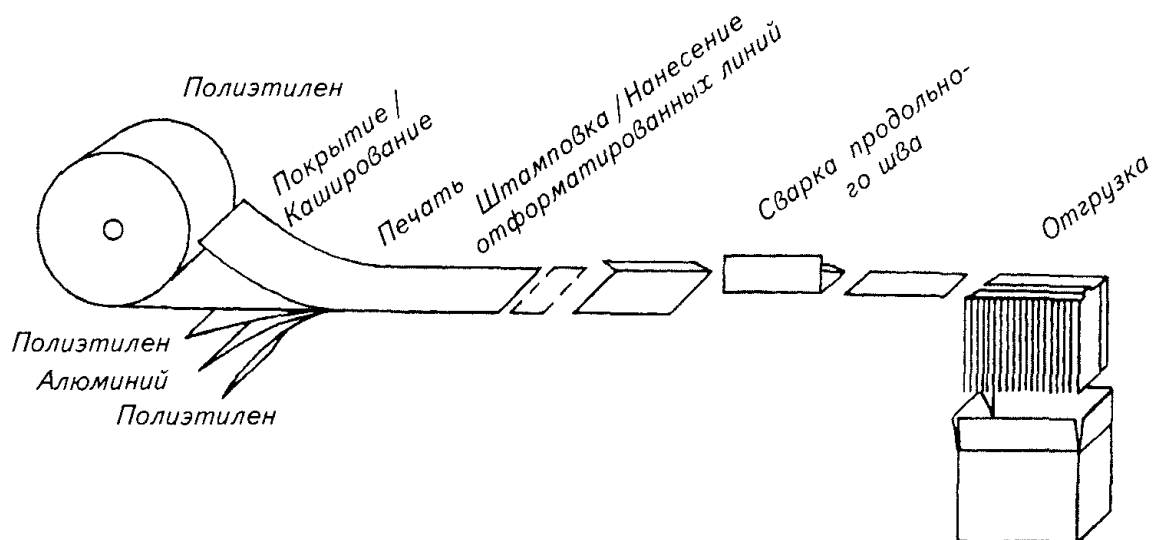


Рис. 5.26. Схема переработки многослойного ламината в плоскую высечку

На заводах по производству упаковочных материалов изготавливают исходный упаковочный материал, так называемую «плоскую высечку из картона», которая в дальнейшем формируется непосредственно перед розливом продукта на разливочной машине. Картон с покрытием запечатывают способом глубокой печати (возможны пять цветов), проводят высечку и рилевку, наносят отформатированные биговочные линии, по которым легко сгибается и формируется упаковка. На заключительной стадии свариваются продольные швы. Этот процесс требует высокой точности, поскольку данный способ формовки пакета позволяет избежать соприкосновения отрезного края без покрытия с разливаемым продуктом, что, в свою очередь, является дополнительным гигиеническим фактором. Затем осуществляется упаковка плоских «оболочек» в короба для транспортирования. Во время цикла розлива необходимо только заделать доньшко и верхнюю часть картонного пакета.

## 6. ПЕРЕРАБОТКА БУМАГИ И КАРТОНА

### 6.1. Картон гофрированный

Производство упаковки из гофрированного картона (гофрокартона) по объемам продукции значительно опережает выпуск других видов упаковки на основе бумаги и картона. Гофрокартон выполняет две основные функции: он выступает в качестве носителя печатной информации и является защитой упакованного изделия, особенно при сбыте и реализации товаров [5], [21], [34].

#### 6.1.1. Основные виды, свойства и назначение

Картон гофрированный – тарный картон, состоящий из чередующихся склеенных между собой плоских и гофрированных слоев и предназначенный для изготовления коробок и ящиков. Основным характерным признаком гофрированного картона является наличие гофрированного (волнообразного) слоя. Гофрированный картон получают путем склейки одного или нескольких слоев гофрированной бумаги с одним или несколькими слоями плоского картона [35], [36].

В настоящее время гофрированный картон является самым распространенным видом тарного картона. По числу образующих его слоев картон разделяется на следующие виды (рис. 6.1):

– двухслойный картон – плоский и гофрированный слои (тип Д);

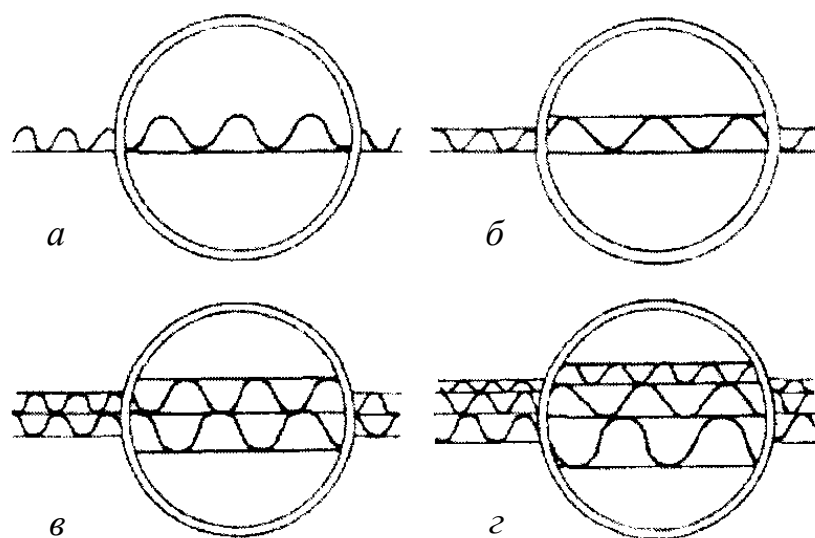


Рис. 6.1. Поперечные срезы гофрированного картона:  
*а* – двухслойный (тип Д); *б* – трехслойный (тип Т);  
*в* – пятислойный (тип П); *з* – семислойный (тип С)

- трехслойный картон – два плоских и один гофрированный слой (тип Т);
- пятислойный картон – три плоских и два гофрированных слоя (тип П);
- семислойный картон – четыре плоских и три гофрированных слоя (тип С).

За рубежом различают одно-, двух- и трехслойный гофрокартон. При этом слойность картона определяется числом гофрированных слоев, т. е. тип Т – однослойный, тип П – двухслойный и т. д.

Гофрированный картон может иметь различные профиль и размеры гофрированного слоя. В мировой практике каждый профиль имеет буквенное обозначение (табл. 6.1).

Таблица 6.1

#### Характеристики различных типов гофров

Тип гофра	Средняя высота гофра, мм	Средняя длина волны, мм
A	4,7	8,7
C	3,8	7,3
B	2,8	6,0
D	2,1	4,5
E	1,4	3,3
F	0,75	2,6
N(G)	0,55	1,8

В зарубежной литературе приводятся данные о выпуске гофропродукции с профилем гофров К (высота 6,0 мм), О (высота 0,3 мм) и др.

В России гофрированный картон выпускается в соответствии с ГОСТ 7376-89 с профилем гофров А, С, В и Е. Характеристики этих гофров приведены в табл. 6.2.

Таблица 6.2

#### Основные параметры волнистого слоя гофрированного картона (ГОСТ 7376-89 Картон гофрированный)

Тип гофра	Наименование гофра	Высота гофра $h$ , мм	Шаг гофра $l$ , мм	Число гофров на 1 м	Коэффициент гофрирования
A	Крупный	4,5...5,5	8,0 ...9,5	105...125	1,570
C	Средний	3,2...4,4	6,5...8,0	125...154	1,479
B	Мелкий	2,2...3,2	4,5...6,4	156...222	1,333
E	Микрогофр	1,1...1,6	3,2...3,6	278...312	1,250



Гофрированный картон относится к анизотропным материалам, имеющим неодинаковые свойства по различным направлениям. При приложении сил в направлении, перпендикулярном к гофрам, гофрированный слой работает как амортизирующий материал, вдоль направления гофров – как жесткий материал. Плоские слои гофрированного картона фиксируют положение волнистого слоя, работают на сжатие, растяжение, сопротивление продавливанию. Обладая достаточной плоскостной и торцевой жесткостью, а также амортизационными свойствами, гофрокартон широко используется при изготовлении удобной и легкой мало- и крупногабаритной тары для различных отраслей народного хозяйства (пищевой, химической, электротехнической и др.).

Основное назначение гофрокартона – изготовление гофротары, область применения которой очень широка. В отличие от других видов упаковки (стеклянной, пластиковой и др.) картонно-бумажную упаковку используют предприятия, производящие практически все товарные группы.

Основным потребителем гофротары является пищевая промышленность – 65 %. Среди подотраслей пищевой промышленности лидером по потреблению гофротары являются предприятия, производящие алкогольные и безалкогольные напитки. Существенную долю в потребление гофротары вносят производители синтетических моющих средств, химико-фармацевтической продукции и бытовой техники.

В зависимости от назначения тары для ее производства используют двух-, трех-, пяти- или семислойный картон. При изготовлении картона с большой слойностью рекомендуется использовать сочетание гофров различного типа: А-Е, В-Е, С-Е, Е-А-В, что позволяет получить гофрированный картон высокой прочности с требуемыми свойствами.

Гофрированный картон с гофром А обладает большой упругостью и применяется для упаковки изделий из стекла, керамики, а также телевизионной и радиоаппаратуры. Большая высота и шаг гофров, сравнительно небольшое их количество на 1 м полотна картона придают ему амортизационную способность.

Гофрированный картон с гофром В отличается от картона с гофром А более высокой жесткостью, применяется для изготовления тары, от которой не требуется высоких амортизационных показателей, в частности, предназначенной для упаковки твердых грузов, таких, как консервы в металлических банках, изделия бытовой химии в потребительской таре, при транспортировании мебели и др.

Гофрированный картон с гофром Е благодаря большому количеству гофров имеет ровную поверхность и высокую жесткость в обоих направлениях. Эти свойства обеспечивают возможность выполнения высококачественной текстовой и иллюстративной печати. В связи с этим гофрированный картон с гофром Е находит применение для изготовления разного рода потребительской тары взамен коробочного картона и используется в качестве наружного слоя многослойного комбинированного картона.

Трехслойный картон с гофром С является наиболее распространенным видом гофрированного картона. Он сочетает в себе свойства картона с гофром А и гофром В, обладая одновременно достаточной жесткостью и амортизирующей способностью, с успехом используется для упаковки различной продукции.

Различные марки гофрированного картона используются следующим образом:

- марка Д – изготовление вспомогательных упаковочных средств;
- марки Т11...Т15 – изготовление тары и вспомогательных упаковочных средств для продукции и изделий, способных воспринимать нагрузки штабеля;
- марки Т21...Т27 и П35...П37 – изготовление тары и вспомогательных упаковочных средств для продукции и изделий, не способных воспринимать нагрузки штабеля;
- марки П31...П34 – изготовление крупногабаритной высокопрочной и жесткой тары, контейнеров.

### 6.1.2. Особенности технологии

Технологический процесс производства гофрированного картона включает гофрирование бумаги в одном или нескольких гофрирующих узлах (в зависимости от числа слоев картона) и склеивание гофрированных слоев с плоскими слоями картона-основы с последующей сушкой и резкой готового картона на листы.

Основными материалами для изготовления гофрированного картона являются картон для плоских слоев и бумага для гофрирования. Картон для плоских слоев называют *лайнером* (*крафтлайнер* – из сульфатной целлюлозы, *тестлайнер* – преимущественно из макулатурного сырья). Бумагу для гофрирования за рубежом называют *флютингом*. Значения показателей качества для отдельных марок картона (ГОСТ 7420-89 Картон для плоских слоев гофрированного картона) и бумаги (ГОСТ Р 53206-2008 Бумага для гофрирования)

устанавливаются в соответствии с требованиями к конкретному виду тары, для изготовления которой они предназначены. Общими требованиями к этим материалам являются равномерность всех показателей по длине и ширине листа, плотность намотки, размер рулонов. Остальные требования, в том числе и к волокнистым полуфабрикатам для их производства, имеют существенные особенности.

Так, на жесткость гофрированного картона большое влияние оказывают толщина и жесткость материала плоских и гофрированных слоев. Жесткость картона для плоских слоев и бумаги для гофрирования определяется различными способами. Для плоских слоев жесткость определяется по разрушению кольца из картона, зависит от характера применяемого полуфабриката, технологии изготовления картона, его толщины и расположения испытываемого образца относительно направления прилагаемой нагрузки. Минимальное разрушающее усилие при сжатии кольца в поперечном направлении составляет от 150 до 330 Н в зависимости от марки и толщины картона.

Жесткость бумаги для гофрирования оценивается показателем сопротивления плоскостному сжатию гофрированного образца. Способ определения этого показателя воспроизводит термическое и механическое воздействия на бумагу гофрированных валов в процессе ее переработки. Его значение зависит от следующих основных факторов: массы  $1 \text{ м}^2$ , толщины, модуля упругости, а также волокнистого состава и технологии изготовления бумаги. Минимальное значение показателя сопротивления плоскостному сжатию бумаги для гофрирования составляет от 115 до 370 Н.

Важнейшим показателем качества картона для плоских слоев гофрокартона является абсолютное сопротивление продавливанию, так как этот показатель определяет сопротивление продавливанию гофрированного картона. Установлено, что сопротивление продавливанию гофрированного картона приблизительно равно сумме показателей для его плоских слоев. Сопротивление продавливанию зависит от массы  $1 \text{ м}^2$  и толщины картона для плоских слоев, вида используемого полуфабриката, а также условий формования и прессования полотна картона на картоноделательной машине. Сопротивление продавливанию может быть существенно (на 15...20 %) увеличено при введении в массу катионного крахмала и других упрочняющих химических вспомогательных веществ. Минимальное значение показателя абсолютного сопротивления продавливанию колеблется в зависимости от толщины и марки картона и составляет от 350 до 1050 кПа.

Сопротивление разрыву и сопротивление продавливанию бумаги для гофрирования обуславливают ее технологичность в процессе переработки на гофроагрегате. При прохождении через рифленые валы гофроагрегата возникают растягивающие усилия, стремящиеся деформировать и разорвать полотно бумаги. Минимальное значение показателя абсолютного сопротивления бумаги продавливанию колеблется в пределах от 120 до 450 кПа, минимальное значение удельного сопротивления разрыву – от 4,0 до 10,0 кН/м.

Увеличение и уменьшение влажности картона и бумаги выше пределов, предусмотренных стандартом ( $8 \pm 2\%$  – для картона и  $7 \pm 2\%$  – для бумаги), оказывают отрицательное влияние на условия склейки и приводят к необходимости снижения скорости работы гофроагрегата. Неравномерная влажность по ширине листа служит причиной коробления и расслаивания листов гофрированного картона.

Гофрированный картон изготавливается на гофрировальных агрегатах, включающих ряд скомпонованных в одну линию отдельных узлов, на которых также осуществляются отдельные операции по его переработке (рис. 6.2). В конечном итоге с агрегата сходят листовые заготовки картонных ящиков.

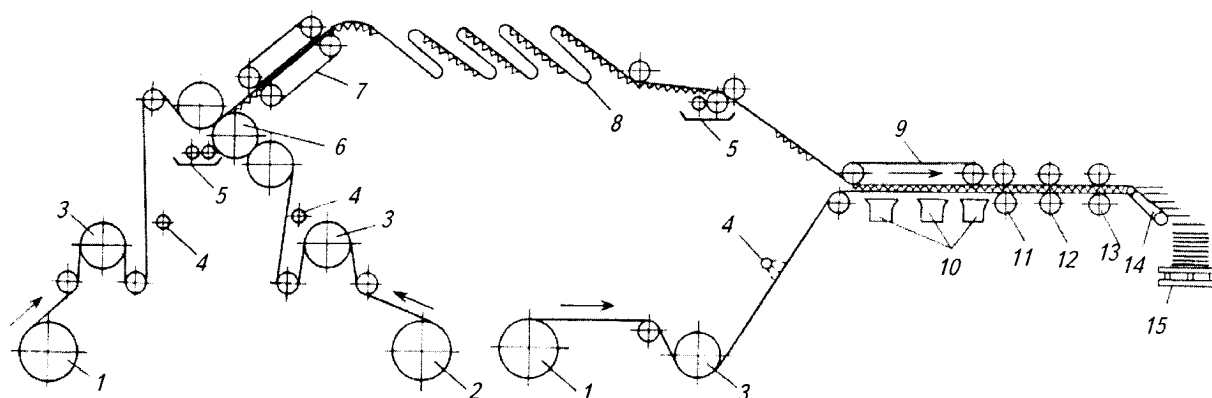


Рис. 6.2. Схема гофрировального агрегата:

- 1 – раскаты картона; 2 – раскат бумаги; 3 – подогреватели; 4 – увлажнитель;  
 5 – клеенаносящее устройство; 6 – узел гофрирования; 7 – конвейер;  
 8 – мост-накопитель; 9 – прижимной конвейер; 10 – сушильные плиты;  
 11 – узел продольной резки; 12 – узел продольной рилевки; 13 – узел поперечной резки; 14 – приемный транспортер; 15 – стопоукладчик

Рулоны бумаги и картона устанавливаются на раскаты. Разматываемое из рулона полотно бумаги через подогреватель и увлажнитель подается к нагреваемым паром рифленным валам узла гофрирования. Подогреватели для картона и бумаги представляют собой стальные барабаны диаметром 900...930 мм и длиной, превышающей

рабочую ширину агрегата на 50...100 мм. Барабан-подогреватель рассчитан на нагрев поверхности насыщенным паром до температуры 185...190 °С. Для регулирования степени охвата барабана полотном картона и в целях регулирования влажности картона, поступающего на склейку, имеются два передвижных металлических вала диаметром 120...130 мм. Минимальный охват окружности барабана – 90°, максимальный – 270°. Барабан имеет привод с двигателем постоянного тока, число оборотов которого регулируется с пульта управления гофрировального агрегата, что позволяет поддерживать требуемую линейную скорость движения картона перед поступлением его в узел гофрирования.

Для увлажнения картона и бумаги перед гофрированием применяются паровые увлажнители трубчатого или камерного типа. Увлажнение бумаги с одновременным ее нагревом несколько размягчает содержащееся в бумаге проклеивающее вещество и способствует улучшению проникновения клея внутрь бумаги при склеивании. Кроме того, бумага становится более эластичной, увеличивается ее способность к удлинению в процессе гофрирования и, следовательно, устраняется основная причина образования трещин. При переувлажнении бумага плохо воспринимает клей, становится рыхлой, не обеспечивает требуемую жесткость гофров. Оптимальной считается влажность бумаги перед гофрированием 7...8 % , допускается ее увеличение до 9 % . Влажность картона для плоских слоев перед склейкой должна быть ниже влажности бумаги и не превышать 7 %.

Узел гофрирования является основной частью агрегата по производству гофрированного картона (рис. 6.3).

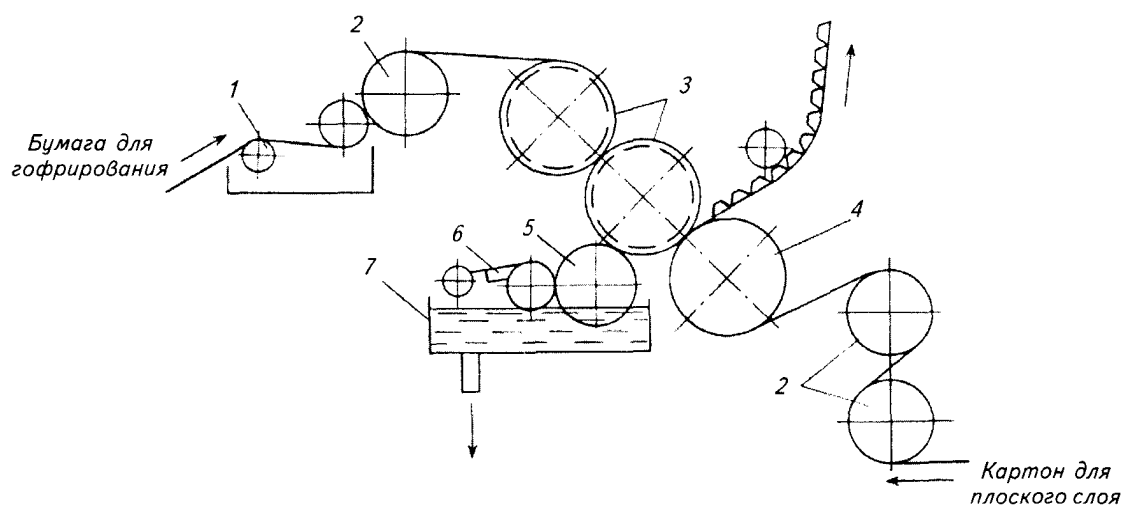


Рис. 6.3. Схема узла гофрирования: 1 – выравнивающий валик;  
2 – валы для натяжения бумаги и картона; 3 – гофрировальные валы;  
4 – прижимной вал; 5 – клеенаносящий вал; 6 – шабер; 7 – клеевая ванна

Основными деталями узла являются рифленые гофрировальные валы диаметром 300...350 мм, которые изготавливаются обычно из хромомолибденовой стали. Валы всегда изготавливаются парами. Под нижним рифленным валом устанавливается гладкий прижимной вал диаметром 300...360 мм. Все валы обогреваются паром давлением до 1,6 МПа, что позволяет поддерживать температуру их поверхности в пределах 180...200 °С. Зазор между рифлеными валами составляет 0,25...0,40 мм; при прохождении между ними увлажненная бумага подвергается сильному механическому и тепловому воздействию, деформируется и приобретает форму профиля зуба рифлений, образуя гофру. При этом уменьшается толщина бумаги, повышается ее жесткость и способность к восприятию нагрузок. В процессе гофрирования недопустимо разрушение структуры бумаги и целлюлозных волокон. Гофрировальные валы очищают от клея и накипи паром.

Важным элементом узла гофрирования являются пальцы (гребни). Они содействуют выходу гофрированного полотна бумаги из рифлений верхнего гофрировального вала и препятствуют его выходу из рифлений нижнего вала до соединения бумаги с плоским слоем картона. На современных высокоскоростных гофроагрегатах вместо пальцев узла гофрирования применяется вакуумная система удержания бумаги на гофрировальном валу, что позволяет кроме повышения скорости также повысить прочность картонной тары.

Последним элементом узла гофрирования является клеенаносщее устройство, состоящее из клеевой ванны и двух или трех клеенаносящих валов. Конструкция устройства позволяет регулировать толщину нанесения клеевой пленки, которая для крахмального клея должна составлять 0,1...0,2 мм, для силикатного – 0,2...0,5 мм. Нормальная глубина проникновения силикатного клея в толщину бумаги – 0,03...0,04 мм. Рабочая температура клея 30...60 °С, вязкость – 30...50 с.

Заправка картона проводится так, чтобы склейка гофров бумаги осуществлялась с сеточной стороны картона. Соединенные слои (плоский и гофрированный) пропускают между валами – нижним рифленным и гладким прижимным, образовавшийся двухслойный гофрированный картон поступает на накопительный мост агрегата.

Для изготовления пятислойного картона применяется двухъярусный узел гофрирования с двумя парами гофрировальных валов, либо два узла гофрирования устанавливаются последовательно. Для производства семислойного картона устанавливаются три узла гофрирования. В зависимости от числа узлов гофрирования, входящих

в состав агрегата, накопительный мост может представлять собой одно-, двух- или трехъярусную металлическую конструкцию с движущимися вдоль нее хлопчатобумажными сукнами. Назначение моста – создать запас двухслойного гофрированного картона, необходимый в случае смены рулонов бумаги или картона либо временной остановки какого-нибудь узла гофрировального агрегата.

Для подготовки поверхности склеиваемых далее слоев картона используется многоярусный подогреватель, состоящий из вертикально расположенных трех-, четырехцилиндрических горизонтальных подогревателей, аналогичных по конструкции подогревателям картона и бумаги перед узлом гофрирования. Клей на вершины гофр открытой гофрированной стороны двухслойного картона, поступающего с накопительного моста, наносится клеенаносящим устройством. Для выработки многослойного картона устанавливается соответствующее число клеенаносящих устройств, через которые проходят полотна двухслойного картона. После клеенаносящего устройства происходит соединение двухслойного гофрированного картона и нижнего плоского слоя.

Образовавшийся многослойный картон поступает в сушильную часть гофроагрегата. В сушильной части полотно, прижатое к сушильным плитам сукном, транспортируется по ним и подвергается сушке.

В зависимости от скорости гофроагрегата, вида применяемого клея, слойности вырабатываемого картона температура сушки картона поддерживается в следующих пределах: 1-я группа плит – 110...140 °С; 2-я группа – 140...150 °С; 3-я группа – 150...160 °С; 4-я группа – 140...190 °С.

Заданная температура в группах поддерживается регулированием подачи пара в нагревательные плиты. Пройдя сушильные плиты, картон поступает в охлаждающую часть. В ней полотно, расположенное между двумя транспортирующими сукнами, охлаждается, одновременно выравниваются его влажность и температура, а вследствие этого предотвращается коробление.

Полотно гофрокартона после сушильной части подвергается обработке в узле продольной рилевки. Нанесение рилевки является важным процессом в производстве картонной тары. Нанесение рилевки на картонные заготовки производится рилевочными муфтами. В зависимости от вида изготавливаемого гофрированного картона, его слойности, качества исходных материалов рилевку проводят муфтами разного профиля. При этом необходимо учитывать, что увеличение

ширины линии рилевки снижает сопротивление собранного ящика сжатию.

Заготовка требуемой длины отрубается на ротационном узле поперечной резки. Современные гофроагрегаты оснащены сдвоенными узлами поперечной резки, конструкция которых позволяет одновременно получать заготовки разной длины. Длина отруба регулируется без остановки машины.

Отрубленные заготовки поступают на листоукладчик. Листоукладчики бывают одно-, двух- и трехъярусные. Каждый ярус принимает заготовки определенного формата и собирает их в пачки. Операции по отбору пачек заготовок и укладке их в стопу на поддон для дальнейшей переработки на современных агрегатах полностью механизированы.

### 6.1.3. Классификация тары

Тара для обеспечения сохранности выпускаемой продукции отличается большим многообразием как по конструкции, так и по материалам. Традиционные материалы для выпуска тары – древесина, фанера, листовой металл, стекло – имеют недостатки, такие, как большая масса, хрупкость, высокие трудозатраты на производство, достигающие 15 % стоимости некоторых товаров. Картонная гофротара отличается легкостью, гигиеничностью, удобством в обращении, эстетичностью, относительной дешевизной и меньшими затратами исходного сырья и материалов на ее изготовление.

Для классификации тары используют различные классификационные признаки:

- по функциональному назначению тара подразделяется на *транспортную* и *потребительскую*. Транспортная тара образует самостоятельную транспортную единицу или часть укрупненной транспортной единицы. Потребительская тара поступает к потребителю с продукцией и не представляет собой самостоятельной транспортной единицы;

- по конструктивным особенностям – *неразборная, разборная, складная, разборно-складная*;

- по оборачиваемости – *разовая, возвратная, многооборотная*.

Тара из гофрированного картона разделяется на следующие основные функциональные виды: *ящики, коробки, лотки, барабаны, поддоны, контейнеры, прокладки, обечайки, вкладыши, перегородки*.



*Ящики* из гофрированного картона (ГОСТ 9142-90 Ящики из гофрокартона, международный каталог *FEFCO*) являются наиболее массовой продукцией и по конструкции разделяются на следующие основные конструктивные группы: складные с четырехклапанным дном и крышкой (рис. 6.4), складные с четырехклапанным дном и съемной клапанной крышкой (телескопического типа), футлярного типа, оберточного типа, комбинированные.

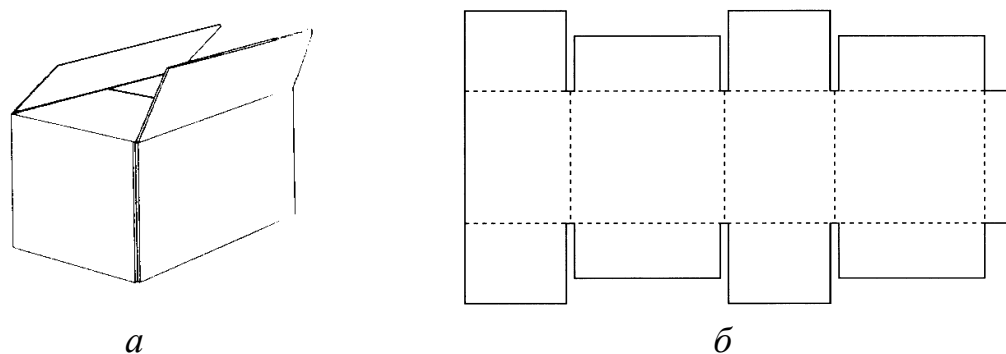


Рис. 6.4. Внешний вид (а) и развертка (б) ящика с четырьмя клапанами

*Коробки* – разовая потребительская тара с жестким корпусом разнообразной формы, с плоским дном, закрываемая крышкой съемной или на шарнире (рис. 6.5).

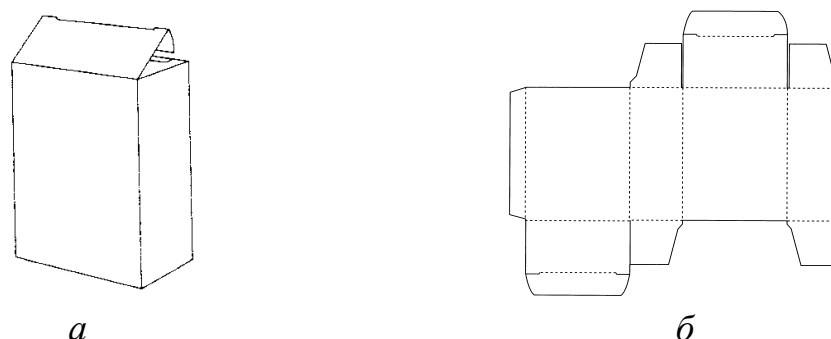


Рис. 6.5. Внешний вид (а) и развертка (б) коробки с реверсной заправкой торцов

*Картонные лотки* по конструкции разделяются на следующие группы: складные из одной заготовки, складные из двух и более заготовок, нескладные, комбинированные (рис. 6.6).

*Барабаны* из гофрированного картона предназначены для перевозки предметов цилиндрической формы (индикаторная бумага, рулонная пленка, специальный провод и др.) и имеют боковую стенку в виде многогранника. Барабаны разделяются на группы: 1) состоящие из одной заготовки с клапанным дном и крышкой, 2) состоящие из многогранной обечайки с торцевыми крышками.

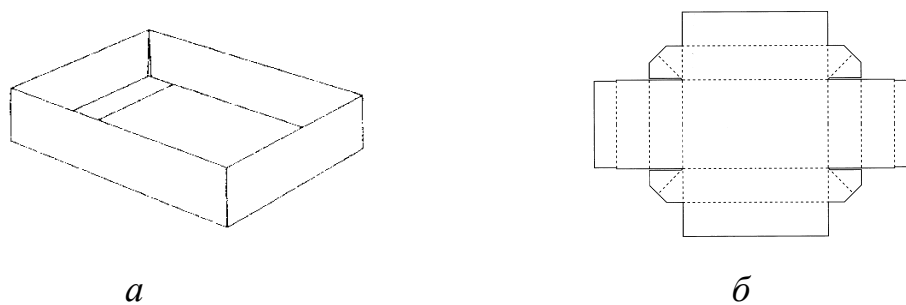


Рис. 6.6. Внешний вид (а) и развертка (б) лотка с самозакрывающимися двойными стенками

*Поддоны* предназначены для пакетирования тарно-штучных грузов, образования грузового пакета, перемещения, транспортирования и хранения грузов (рис. 6.7). Поддоны разделяются на картонные и комбинированные.

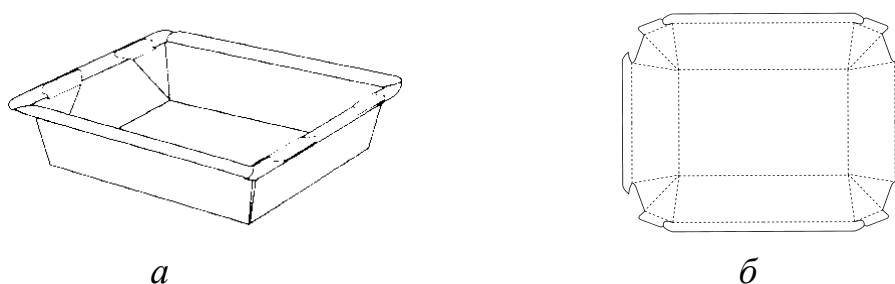


Рис. 6.7. Внешний вид (а) и развертка (б) поддона с термоклеевым закреплением клапанов по краю

*Контейнеры* предназначены для перевозки различных изделий, имеющих первичную упаковку, что позволяет создать укрупненную грузовую единицу. Контейнеры разделяют на следующие группы: складные с собираемыми опорами, со съемной крышкой, со съемной стенкой, сборные, состоящие из отдельных картонных заготовок, собираемых на поддоне. Также контейнеры могут быть использованы для получения стерильной упаковки для пищевых продуктов (рис. 6.8).

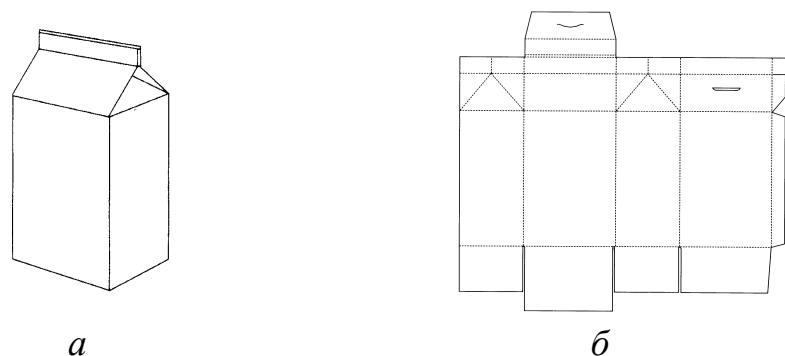


Рис. 6.8. Внешний вид (а) и развертка (б) контейнера для молока с защипом наверху и с просечкой для вскрытия

*Прокладки, амортизаторы, решетки, вкладыши, перегородки* являются вспомогательными элементами для упаковки изделий в картонную тару и служат для повышения ее прочности, обеспечения сохранности упаковываемого изделия и улучшения качества упаковки (рис. 6.9, 6.10).

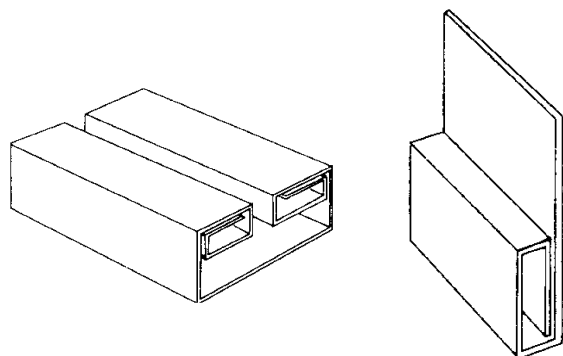


Рис. 6.9. Внешний вид смягчающих прокладок

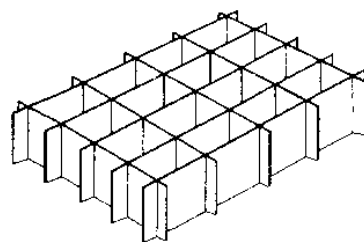


Рис. 6.10. Внешний вид шестнадцатисекционной широкой перегородки

Для крупных тяжелых изделий, особенно автомобильной, химической, машиностроительной и электротехнической промышленности, используют усиленную упаковку из гофрокартона. Масса груза на поддоне (паллете) может достигать тонны, а поддоны штабелируют по 2...3 в высоту. В таких случаях в упаковке зачастую используют комбинацию гофрокартона с другими материалами – вспененными пластиками, фанерой и древесиной (например, для угловых стоек). Усиленную гофротару изготавливают на основе пяти- и семислойного гофрированного картона, облицовочной бумаги с высокой массой  $1 \text{ м}^2$  (например, 400 или 440 г/м<sup>2</sup>) и адгезивов, обеспечивающих прочность упаковки в мокром состоянии. Для соединений применяют также сшивку металлическими скобками и усиленную ленту.

Для нанесения печати на упаковку из гофрокартона используют флексографию. В этом случае (как после изготовления гофрокартона, так и в процессе его производства) печать выполняют по принципу «с рулона на рулон» до гофроагрегата. В некоторых случаях используют и другие печатные процессы, например офсетную печать, обеспечивающую высокое качество, необходимое для определенных дорогих видов упаковки, или шелкографию для небольших партий упаковки, используемых для торгово-демонстрационных стендов. Используют также самоклеящиеся этикетки с высококачественной печатью.

#### 6.1.4. Переработка на тару и упаковочные изделия

Для изготовления коробки полученный картонный лист должен пройти три стадии:

- на лист картона наносится цветная печать, чтобы получить необходимые надписи и художественное оформление, определяемое потребителем. Кроме печати можно использовать наклейки и тиснение. Наклейки предпочтительнее использовать в случаях, когда качество листа не отвечает полиграфическим стандартам;

- вырубной штамповкой получается требуемая контурная заготовка – основной элемент коробки на плоском листе. Штампом пересекаются или бигуются также линии сгиба, а излишек направляется в отходы;

- выполняются последние операции перед сборкой: вырубка, (вырезание) смотровых проемов (окон) в панелях, нанесение клея, лаковых и иных покрытий, слоев, предназначенных для защиты картонного листа от вредного воздействия среды, в которой планируется его использовать.

Перед подачей гофрокартона на переработку рекомендуется проводить его отлежку на поддонах в течение 3...4 ч. Цель отлежки – выравнивание влажности и снижение коробления листов за счет частичного снятия внутренних напряжений.

На крупных предприятиях, оснащенных высокопроизводительными гофроагрегатами, гофрокартон перерабатывается на автоматизированных поточных линиях, оснащенных автоматами для подачи заготовок в печатные секции, резательно-биговальными узлами, фальцевально-склеивающими секциями, узлами упаковки заготовок в пачки и транспортные пакеты.

На небольших предприятиях и в типографиях, изготавливающих упаковку, чаще устанавливают отдельные агрегаты. Переработка проводится на оборудовании, которое можно разделить на несколько групп: печатно-высекательные, рилеочно-резательные, фальцевально-склеивающие и фальцевально-сшивающие машины, печатно-штампующие установки, упаковочные прессы и машины.

Печатно-высекательные машины являются самым распространенным оборудованием при переработке гофрированного картона на ящики. Учитывая то, что картонные ящики имеют различные размеры, машины отличаются друг от друга по предельным форматам перерабатываемых заготовок.

Заготовки ящиков после отлежки на поддоне подаются на печатно-высекательную машину. При этом поддон ставится так, чтобы

направление гофров картона после переработки было параллельно высоте ящика. Пачки заготовок с поддона поступают на узел подачи заготовок, откуда с помощью механических или вакуумных захватов картон отдельными листами подается в машину. Первая операция – нанесение печати на верхней стороне с последующей рилевкой заготовки вдоль гофры и просечкой клапанов ящика. Просечка проводится специальными штанцевальными элементами, закрепленными на массивном барабане. Заготовки, проходя между вращающимся верхним барабаном со штанцевальным элементом и нижним упорным барабаном, прорезаются ножами штанцевального элемента.

Современные печатно-высекательные машины комплектуются штампующей секцией, которая обеспечивает проведение дополнительных операций: просечку отверстий, высечку ручек, высечку самозапирающегося дна ящика. Пройдя узел отбора, на котором проводится визуальное сортирование по внешним дефектам (скошенная просечка, расслаивание и др.), заготовки поступают в штабелеукладчик. Штабелеукладчик является отдельным устройством, не связанным жестко с печатно-просекательной машиной. Скорость конвейера штабелеукладчика несколько меньше скорости прохождения заготовок на печатно-просекательной машине. Это позволяет ступенчато укладывать заготовки с последующим их съемом в штабель высотой до 1 м. После получения заготовки следующей технологической операцией является сшивка или склейка картонного ящика по соединительному шву.

Соединительным швом называется элемент конструкции картонного ящика, обеспечивающий жесткое соединение его стенок. Применяются следующие виды соединительного шва: сшивка проволокой, склеивание клеем, склеивание лентой, склеивание с последующей сшивкой, сшивка с последующим склеиванием лентой. Сшивка выполняется скобами из круглой или плоской проволоки. Предпочтение отдается сшивке плоской проволокой, которая обеспечивает большую прочность шва. Производительность скобосшивных машин зависит от вида соединительного шва, числа скоб на один ящик, размера заготовок и колеблется от 300 до 480 скоб в минуту.

Склеивание ящика по соединительному клапану является более прогрессивным способом соединения по сравнению со сшивкой. Основное преимущество заключается в простоте конструкции машины и более высокой производительности. Прочность клеевого шва зависит от адгезионных свойств применяемого клея и структуры поверхностного слоя склеиваемых материалов.

Образование соединительного шва с помощью ленты позволяет отказаться от соединительного клапана, что дает значительную экономию материалов. Особенно это важно при изготовлении ящиков малого размера, так как ширина клапана практически не зависит от размера картонного ящика. Кроме того, выполнение соединительного шва с помощью ленты не образует уступов от клапанов с внутренней или наружной стороны.

### 6.1.5. Свойства и показатели качества гофрокартона

Качество картона определяется оптимальным сочетанием физических, прочностных, печатных, барьерных и других характеристик. Очень важной является равномерность значений этих характеристик по всей ширине полотна. Для описания свойств гофрокартона используют показатели качества (ГОСТ 7376-89).

*Масса единицы площади и толщина.* Масса единицы площади – это масса одного квадратного метра гофрокартона ( $\text{г/м}^2$ ), измеренная в стандартных условиях, т.е. при температуре  $23\text{ }^\circ\text{C}$  и относительной влажности 50 %. Массу единицы площади ( $M$ , г) рассчитывают для трехслойного картона по следующей линейной зависимости:

$$M = L_1 + (aF) + L_2,$$

где  $L_1, L_2$  – массы единицы площади лайнера, г;

$F$  – масса единицы площади гофра, г/м;

$a$  – коэффициент гофрирования.

Средняя масса единицы площади однослойного двухстороннего (трехслойного по российской терминологии) гофрокартона в европейских странах составляет  $550\text{ г/м}^2$ , а двухслойного двухстороннего (пятислойного по российской терминологии) – около  $750\text{ г/м}^2$ .

Толщину измеряют толщиномером с площадью контакта  $(2,0 \pm 0,1)\text{ см}^2$  и  $(10 \pm 0,2)\text{ см}^2$  (для гофрированного картона) в разных точках (ГОСТ 27015-86, ГОСТ 22186-93).

*Предел прочности при торцевом сжатии.* Определяется разрушающее усилие при сжатии образца ( $q_{сж}$ , Н/м), поставленного на торец (рис. 6.11):

$$q_{сж} = \frac{F}{l},$$

где  $F$  – разрушающее усилие, Н;

$l$  – длина образца, м.

Определение проводят по ДСТУ 3561-97; ГОСТ 20683-97; ISO 3037-1994.

*Прочность на разрыв (предел прочности при растяжении).* Разрушающее усилие определяется на разрывной машине при определенной скорости перемещения зажима до разрыва образца (рис. 6.12).

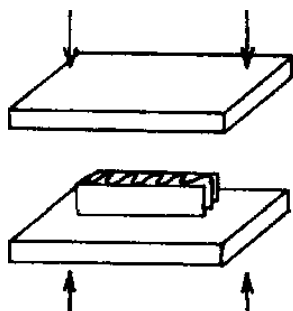


Рис. 6.11. Схема определения разрушающего усилия при сжатии образца гофрокартона, поставленного на торец



Рис. 6.12. Схема определения предела прочности при растяжении

Прочность на разрыв (предел прочности при растяжении) ( $\sigma$ , МПа) определяется по формуле

$$\sigma = \frac{F}{W} h,$$

где  $F$  – разрушающее усилие, Н;

$W$  – ширина образца, мм;

$h$  – толщина образца, мм.

Определения проводят согласно ДСТУ 2334-94 (ГОСТ ISO 1924/1-96).

*Жесткость при изгибе.* Определяется путем приложения разрушающей нагрузки под действием изгибающей силы (рис. 6.13).

Жесткость при изгибе  $S$  (мН/м) определяется по следующей формуле:

$$S = \frac{FL^3}{48db},$$

где  $F$  – сила изгиба, Н;

$L$  – длина изгиба, мм;

$B$  – ширина образца, мм;

$d$  – стрела прогиба, мм.

Определения проводят согласно ДСТУ 2907-96, ГОСТ 30271-96, ISO 5629-1983.

*Сопротивление изгибу.* Определение проводят следующим образом: закрепленный одним концом образец изгибается от исходного положения до заданного угла  $\alpha$ , после чего определяется сила изгиба  $F$  (рис. 6.14). Сопротивление изгибу ( $F$ , мН) определяют по формуле

$$F = \frac{R}{l},$$

где  $R$  – изгибающий момент, мН·см;

$l$  – длина образца, см.

Определения проводят в соответствии с ДСТУ 3369-96, ГОСТ 9582-97, ISO 2493-92.

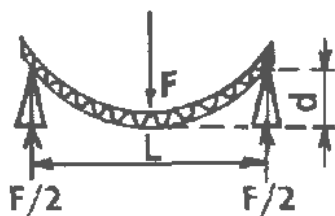


Рис. 6.13. Принцип определения показателя жесткости при изгибе

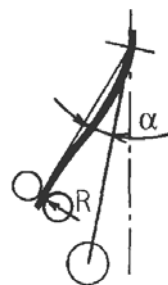


Рис. 6.14. Схема определения сопротивления изгибу

*Сопротивление торцевому сжатию гофрированного образца.* Сопротивление определяется измерением усилия при сжатии, направленного перпендикулярно к более длинному краю образца бумаги до разрушения (рис. 6.15). Сопротивление торцевому сжатию гофрированного образца ( $CCT$ , кН/м) рассчитывается по формуле

$$CCT = \frac{F}{l},$$

где  $F$  – разрушающее усилие, Н;

$l$  – длина образца в виде полоски, мм.

Испытания проводятся согласно ГОСТ 28686-90.

*Прочность на излом при многократных перегибах.* Определение проводят следующим образом: установленный в зажимах образец перегибается в две стороны с помощью качающегося зажима до излома образца (рис. 6.16). Определение проводится для картона толщиной до 1,4 мм в соответствии с ГОСТ 135255.2-80.



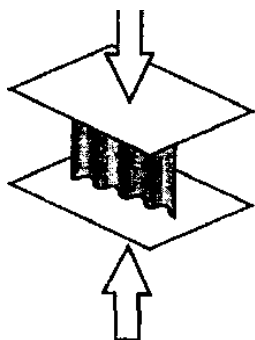


Рис. 6.15. Схема определения сопротивления торцевому сжатию гофрированного образца

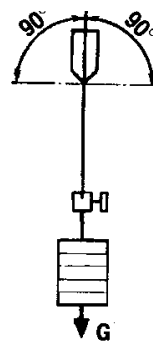


Рис. 6.16. Схема определения прочности на излом при многократных перегибах

*Сопротивление продавливанию* (кПа). Определяется давление, при котором происходит разрушение образца. Фиксируется плавно нарастающее давление на приборе гидравлического типа с резиновой диафрагмой на образец, зажатый между двумя кольцами, до его разрушения (рис. 6.17). Сопротивление продавливанию определяется в соответствии с ГОСТ 13525.8-86.

*Сопротивление плоскостному сжатию образца гофрокартона.* Определение применяется для двух- и трехслойного гофрированного картона. Образец устанавливается между двумя плитами, одна из которых двигается вниз до разрушения образца (рис. 6.18). Сопротивление плоскостному сжатию образца гофрокартона (FCT) ( $\sigma_{сж}$ , Н/см<sup>2</sup>) рассчитывается по формуле

$$\sigma_{сж} = \frac{F}{S},$$

где  $F$  – разрушающее усилие при сжатии, Н;  
 $S$  – площадь образца, см<sup>2</sup>.

Определение проводится в соответствии с ГОСТ 20681-75.

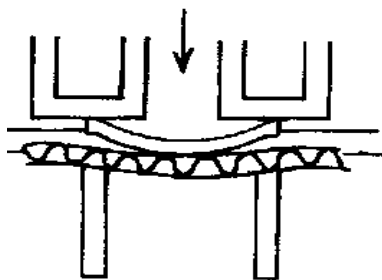


Рис. 6.17. Схема определения сопротивления продавливанию

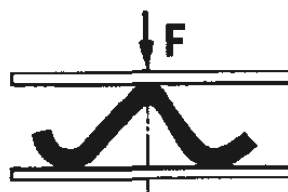


Рис. 6.18. Схема определения сопротивления плоскостному сжатию

*Предел прочности при расслаивании картона.* Определение предела прочности применяется для картона с сопротивлением расслаиванию до 300 Н. Образец закрепляется между пластинами в зажимах разрывной машины и растягивается до расслаивания образца (рис. 6.19). Предел прочности ( $\sigma_p$ , кПа) рассчитывается по формуле

$$\sigma_p = \frac{F}{S} 10,$$

где  $F$  – разрушающее усилие при расслаивании, Н;

$S$  – площадь образца, равная 11,3 см<sup>2</sup>.

Определение проводят в соответствии с ГОСТ 13648.6-86 (способ 2).

*Предел прочности при расслаивании.* Для определения прочности образец устанавливается в приспособление, обеспечивающее расслаивание картона по месту склейки гофрослоя и плоского слоя под воздействием растягивающего усилия, передаваемого образцу через гребёнки, вставленные в гофры (рис. 6.20).

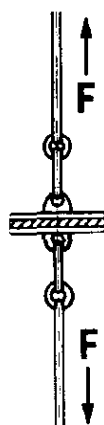


Рис. 6.19. Схема определения предела прочности при расслаивании картона

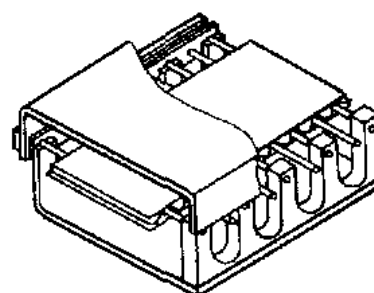


Рис. 6.20. Схема размещения гребёнок при определении предела прочности при расслаивании картона

Предел прочности при расслаивании ( $\sigma_p$ , кПа) рассчитывается по формуле

$$\sigma_p = \frac{F}{l},$$

где  $F$  – разрушающее усилие при расслаивании, Н;

$l$  – общая длина линий склейки, равная 40 см.

Определение проводят по ГОСТ 22981-78.

На предприятиях по производству гофрокартона при изготовлении тары зачастую происходит его растрескивание в местах биговки.

При фальцовке и сборке могут возникать местные упругие напряжения, причем при сборке тары из гофрокартона одним из важнейших параметров, влияющих на растрескивание линий биговки, является содержание влаги. Такое растрескивание может происходить как при высокой, так и при низкой влажности бумаги.

*Влажность.* Чувствительность бумаги к колебаниям влажности очень важна. Влажность образца гофрокартона измеряют с помощью гравиметрического анализа.

Расчет влажности ( $W$ , %) проводится по формуле

$$W = \frac{g_1 - g_2}{g_1} 100,$$

где  $g_1, g_2$  – масса образцов до и после высушивания, г.

В финишной части гофроагрегата влажность гофрокартона с гофом типа *B* или *C* должна составлять 7...7,5 %.

## 6.2. Производство пергамента

Упаковка из растительных полимеров безвредна для человека, быстро разлагается в природе и не загрязняет окружающую среду, легко перерабатывается в виде макулатуры. На российском и международном рынках стабильно сохраняется тенденция увеличения капиталовложений в производство упаковки. Все более приоритетной становится упаковка, практичная и безвредная для потребителя. Одним из таких упаковочных материалов является растительный пергамент.

Растительный пергамент – материал натурального происхождения, состоящий из 100 % целлюлозы, такой же биоразлагаемый, как древесина и другое растительное сырье. В природе он разлагается на безвредные вещества: целлюлозу, глюкозу, углекислый газ, воду. Его безвредность при контакте с пищевыми продуктами признана законодательством всех стран. Пергамент как вторсырье используется для получения удобрений, в Германии из него производят компост. При сжигании пергамент не выделяет вредных газов для окружающей среды. Он имеет повышенную теплоту сгорания.

Отличительные особенности растительного (пищевого) пергамента по сравнению с полимерными пленками и специальными бумагами – его биологическая инертность и воздухопроницаемость, которые позволяют продуктам «дышать» и не адсорбировать посторонние запахи. Эти свойства обеспечили практически повсеместное применение его при упаковке продуктов, нуждающихся в продолжительном

предохранении от сырости или высыхания, в защите от потери летучих эфирных веществ, обуславливающих вкус и запах. Поверхность пергамента не имеет никаких волокон, микроволосков и пыли. Он не растворяется в жирах и противодействует проникновению жиров сквозь упаковку, не прилипает к жирным продуктам, имеет непревзойденные барьерные качества по жиронепроницаемости среди всех существующих в настоящее время бумаг. Это незаменимая и безопасная упаковка для предприятий быстрого питания, кафе, школ.

*Растительный пергамент*, или *пергаментная бумага* (*Pergamentpapier, papier parcheminé, paper parchement, vegetable parchement*), – жиронепроницаемая и влагостойкая бумага, предназначенная для упаковки пищевых продуктов, перевязочных материалов, изделий медицинской промышленности и другой продукции, требующей влагонепроницаемой и жиронепроницаемой упаковки, для хозяйственно-бытовых нужд и используемая в качестве основы для каширования фольгой, ламинирования и др.

Растительный пергамент получается обработкой непроклеенной бумаги-основы концентрированной серной кислотой с последующей отмывкой ее и сушкой. Продолжительность действия кислоты изменяется в зависимости от свойств и толщины бумаги и составляет от 3 до 12 секунд.

Действие серной кислоты на целлюлозные волокна, из которых состоит бумага-основа, зависит от концентрации кислоты (1,56...1,59), ее температуры и от продолжительности действия. При погружении целлюлозы на 10...20 с в 78 %-ный раствор серной кислоты при комнатной температуре волокна целлюлозы набухают в поперечном направлении, укорачиваются в длину и становятся прозрачными. Поверхность бумаги покрывается плотным водонепроницаемым слоем. Этот слой уже не имеет четко выраженной волокнистой структуры и представляет собой целлюлозу, проклеенную продуктами начального гидролиза (целлодекстринами). При этом снижается удельный вес бумаги на 32...42 %, а толщина на 34...37 %.

Пергаментная бумага легко окрашивается анилиновыми и другими искусственными красителями посредством простого погружения ее в водные растворы красящих веществ.

В воде пергаментная бумага набухает с большим трудом, затем размягчается. Во влажном состоянии не подвергается гниению и имеет высокое сопротивление разрыву.

Для получения растительного пергамента используют специальную бумагу-основу. Ранее для производства растительного пергамента

применялась как сульфатная, так и сульфитная беленая целлюлоза. Растительный пергамент из сульфитной целлюлозы имеет более высокую белизну, однако его механические показатели, а также жиронепроницаемость ниже, чем у растительного пергамента из сульфатной целлюлозы, поэтому в настоящее время растительный пергамент производят преимущественно из сульфатной целлюлозы. Преимущественно бумагу-основу изготавливают из беленых видов целлюлозы, однако допускается использовать взамен беленых полубеленые виды целлюлозы при условии соответствия показателей качества пергамента требованиям ГОСТ 134-97 Пергамент растительный.

Основа вырабатывается неклееной, без наполнителя, с повышенной впитываемостью воды и нормируемой механической прочностью. Особенностью бумаги-основы, предназначенной для изготовления пергамента растительного, является высокая впитываемость жидкости при значительной механической прочности.

Пропитка бумаги серной кислотой – основной технологический процесс превращения неклееной бумаги-основы в растительный пергамент, который при этом приобретает необходимые технические свойства. Чем быстрее и глубже впитывает бумага-основа серную кислоту, тем выше качество пергаментации бумаги. Хорошая пергаментация улучшает качественные показатели растительного пергамента: жиро- и водонепроницаемость, воздухопроницаемость, светопроницаемость, механическую прочность.

Хорошая впитываемость бумагой-основой кислоты способствует работе пергаментной машины на более высокой скорости, т. е. повышается производительность труда. Чрезмерно высокая впитываемость бумаги-основы дает отрицательный результат – повышается обрывность бумажного полотна.

Просвет бумаги должен быть ровным, чтобы обеспечить получение растительного пергамента с равномерной прозрачностью. Наличие скоплений волокон обуславливает неравномерную по толщине полотна пергаментацию волокон, ухудшает показатели жиро- и водонепроницаемости, прозрачности и влагопрочности растительного пергамента.

На поверхности бумаги не допускается наличие посторонних крупинок (песка, угля, шлака), так как в процессе пергаментации они выпадают, образуя в полотне отверстия. Наличие видимых невооруженным глазом отверстий, рассеянных по полотну бумаги, увеличивает воздухопроницаемость, ухудшает жиро- и водонепроницаемость растительного пергамента. Крупные отверстия, дыры, выдирки

в полотне обуславливают обрывность полотна при прохождении на пергаментной машине, что снижает производительность, увеличивает расход волокна и химических веществ на выработку растительного пергамента.

Места, где на поверхности бумаги есть капельки масла, не пергаментируются, полотно растительного пергамента покрывается белыми беспорядочно распределенными пятнами, крапинами, снижаются прозрачность, светопроницаемость и равномерность просвета растительного пергамента.

Бумага-основа должна быть равномерной по сухости; при неравномерной сухости растительный пергамент не имеет равномерного просвета, поверхность его коробится (морщинится).

Волнистость бумаги-основы при ее пергаментировании обуславливает образование морщин, складок и обрывов полотна на пергаментной машине.

Для выработки растительного пергамента применяются следующие химикаты: кислота серная техническая по ГОСТ 2184-77, сода кальцинированная по ГОСТ 5100-85, глицерин дистиллированный по ГОСТ 6824-76 с плотностью при температуре 20 °С не менее 1,2604 г/см<sup>3</sup>; пероксид водорода по ГОСТ 177-77 с массовой долей пероксида 30...40 %.

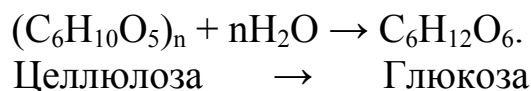
При пергаментации бумаги-основы протекают одновременно два процесса: физико-химический – набухание волокон и химический – их гидролиз.

**Физико-химический процесс.** При действии кислоты на бумагу-основу в пергаментирующей ванне кислота пропитывает целлюлозные волокна, заполняет вначале пустоты между отдельными волокнами, затем – микропространства между фибриллами волокон и макромолекулами, разобщает их – происходит набухание. Макромолекулы раздвигаются, удаляются друг от друга, межмолекулярные и внутримолекулярные связи ослабевают, а затем разрываются.

При набухании волокон физико-химическое состояние их изменяется: увеличивается внутренняя поверхность, уменьшается истинная плотность целлюлозы, возрастает гигроскопичность. С технологической точки зрения это положительный процесс, позволяющий придавать бумаге ряд технических свойств, которыми должен обладать растительный пергамент. Набухшие волокна целлюлозы из-за ослабления и разрыва водородной связи в составляющих их макромолекулах уплотняются при мокром прессовании, дают сильную усадку при сушке. В результате возрастают плотность, механическая

прочность, масса 1 м<sup>2</sup> пергаментированной бумаги. При массе 1 м<sup>2</sup> бумаги-основы 58...67 г масса 1 м<sup>2</sup> растительного пергамента достигает 66...74 г, т.е. масса растительного пергамента увеличивается относительно массы исходной бумаги-основы на 10...13 %.

**Химический процесс.** Целлюлоза по способности гидролизироваться относится к группе трудногидролизуемых углеводов. Конечным продуктом гидролиза целлюлозы является глюкоза. Реакция гидролиза целлюлозы выражается уравнением



Гидролиз целлюлозы до глюкозы происходит не сразу. В процессе реакции гидролиза образуется ряд промежуточных продуктов. Кислотный гидролиз целлюлозы протекает по схеме: целлюлоза → гидроцеллюлоза → декстрины целлюлозы (целлодекстрины) → целлобиоза → глюкоза. Гидроцеллюлоза, образующаяся в начальной стадии гидролиза, представляет собой смесь целлюлозы и продуктов ее распада.

При химическом взаимодействии кислоты с целлюлозой при реакции гидролиза происходит набухание, а затем распад (деполимеризация) макромолекул целлюлозы; рвутся глюкозидные связи, соединяющие глюкозные остатки, появляются целлодекстрины, представляющие собой обрывки макромолекул целлюлозы различной длины. В процессе гидролиза длина молекул целлодекстринов уменьшается, при достаточном количестве воды целлодекстрины распадаются до гекса-, тетра-, три- и дисахаров и в конечном итоге до глюкозы. Эти низкомолекулярные продукты гидролитического распада целлюлозы растворяются в кислоте.

Скорость гидролиза возрастает с увеличением температуры и концентрации кислоты. На практике при повышении температуры кислоты в пергаментирующей ванне выше 20 °С полотно бумаги теряет целостность, как бы растворяется в кислоте ванны; его трудно, а иногда и невозможно заправить между валами отжимного пресса. Это свидетельствует о потере волокнами структурной целостности, т.е. волокна разрушены процессом гидролиза.

Обрывки полотна бумаги-основы не всегда удается извлечь из пергаментирующей ванны. Волокна целлюлозы в кислоте ванны со временем распадаются до продуктов конечной стадии гидролиза – сахаров. Они растворяются в кислоте, частично окисляются, а некоторые в виде обрывков волокон оседают на дне пергаментирующей ванны. Некоторое количество этих веществ уносится полотном

в кислотоулавливающие ванны, далее, с отработанной кислотой, – в отдел регенерации кислоты. Процесс гидролиза волокон при пергаментации крайне нежелателен.

Теоретически в процессе пергаментации бумаги желательно достигнуть разрыва водородных связей у максимального количества макромолекул и минимального укорачивания длины макромолекул целлюлозы, составляющей волокнистую композицию бумаги, т.е. процесс пергаментации бумаги ограничить в рамках процесса набухания волокон. Практически это в значительной мере достигается выбором параметров режима пергаментации бумаги.

В результате процесса пергаментации волокнистая структура листа фактически исчезает, уступая место более или менее однородной студнеобразной массе, состоящей из набухших, потерявших свою форму волокон и распределенного между ними амилоида из продуктов деструкции целлюлозы.

При пергаментации бумаги серная кислота с целлюлозой и продуктами ее гидролитического распада химических соединений не образует. Кислота, содержащаяся в полотне пергаментированной бумаги, впоследствии полностью удаляется прессованием, прополаскиванием, водной промывкой и нейтрализацией полотна.

На степень пергаментации бумаги и качество пергамента влияют следующие факторы: композиция – волокнистый состав бумаги, качество бумаги-основы, концентрация кислоты, температура кислоты в пропитывающей и пергаментирующей ваннах, продолжительность пергаментации или время пребывания бумаги в кислоте.

Влияние первых двух факторов уже рассматривалось выше. Концентрация и температура серной кислоты, заполняющей пропиточную и пергаментирующую ванны, продолжительность пребывания бумаги в них обуславливаются видом вырабатываемого растительного пергамента.

Все операции по превращению бумаги-основы в растительный пергамент выполняются на пергаментной (пергаментирующей) машине: пергаментация бумаги-основы серной кислотой → промывка вначале растворами кислоты, затем водой → нейтрализация → промывка водой от щелочи → пластификация → сушка → каландрирование → наматывание в рулоны.

Звеньями технологического конвейера, представляющего собой мокрую часть пергаментной машины, являются ванны. В зависимости от назначения ванны оснащаются бумагопогружающими, бумаговедущими валиками, отжимными двухвальными прессами с механизмами



прижима, трубчатыми холодильниками, промывными устройствами, шаберами, трубами, клапанами. Ванны и вся арматура изготавливаются из кислотостойких материалов.

Сухая часть машины состоит из сушильной части, каландров, продольно-резательного устройства и наката.

Расположение звеньев пергаментной машины:

- двухтамбурный раскат;
- ванна предварительной пропитки бумаги-основы кислотой;
- пергаментирующая ванна;
- кислотоулавливающие ванны;
- промывные устройства для отмывки кислоты;
- нейтрализационная ванна;
- промывные устройства для отмывки щелочи;
- пластификационная ванна;
- сушильная часть машины; каландр;
- продольно-резательное устройство;
- накат.

*Ванна предварительной пропитки* бумаги-основы (рис. 6.21) серной кислотой предназначена для удаления воздуха из толщи бумаги-основы путем одностороннего смачивания ее раствором серной кислоты.

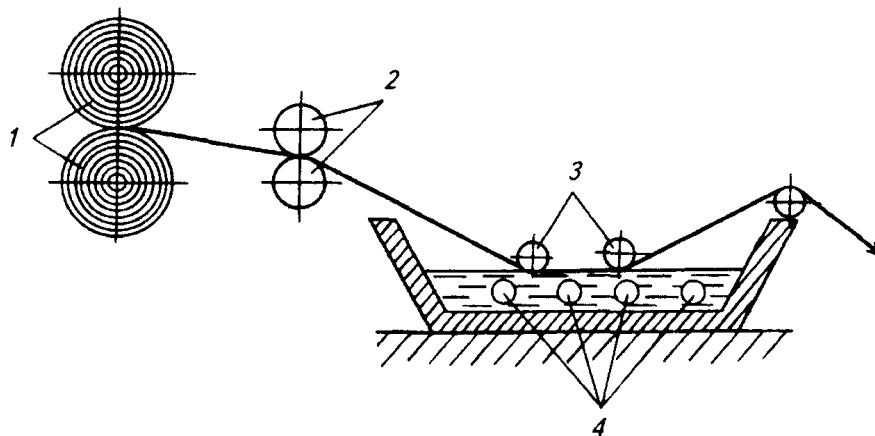


Рис. 6.21. Схема ванны предварительной пропитки:

- 1 – рулоны бумаги-основы на раскате; 2 – тяговый пресс;  
3 – полупогруженные бумаговедущие валики; 4 – холодильные трубы

В бумаге-основе содержится 7...9 % влаги. Соединение ее с кислотой сопровождается выделением тепла, которое разогревает кислоту. Холодильные трубы обеспечивают поддержание температуры кислоты, заполняющей ванну, в пределах, установленных технологическим режимом. Температурные параметры обработки бумаги-основы

в ванне предварительной пропитки могут быть различными. Концентрация серной кислоты в ванне находится в пределах 64...68 %.

Бумажное полотно полупогруженными бумаговедущими валиками одной стороной поверхности приводится в соприкосновение с кислотой. Продолжительность обработки бумаги-основы серной кислотой в пергаментирующих ваннах определяется глубиной погружения бумаговедущих валиков и скоростью машины.

*Пергаментирующая (пергаментационная) ванна* предназначена для пергаментации полотна бумаги-основы. Бумага-основа погружается в раствор серной кислоты, заполняющей ванну, и от воздействия кислоты на волокна целлюлозы бумага пергаментируется.

Длина пергаментирующей ванны должна обеспечить продолжительность пребывания полотна бумаги-основы в кислоте при работе машины с максимальной скоростью в пределах 3...8 с. Чем выше скорость работы пергаментной машины, тем длиннее должна быть пергаментирующая ванна. Схема пергаментирующей ванны приведена на рис. 6.22. Холодильные трубы, уложенные по дну ванны, имеют такое же назначение, как и в ванне предварительной пропитки. Температура кислоты в пергаментирующей ванне поддерживается в пределах от 10 до 20 °С. Концентрация – 66...67 %.

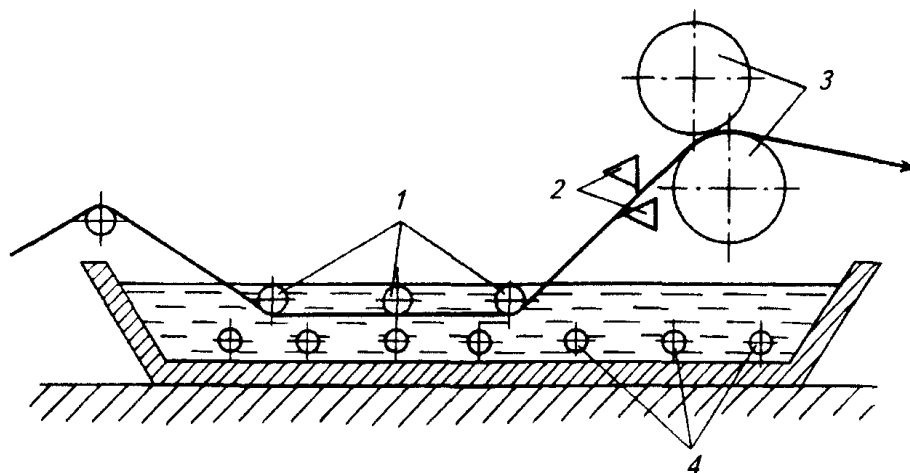


Рис. 6.22. Схема пергаментирующей ванны:  
1 – бумагопогружающие валики; 2 – шаберы;  
3 – отжимной пресс; 4 – холодильные трубы

Для промывки и спуска кислоты в днище ванны вделаны тройники, на отводах которых установлены запорные клапаны и отводящие трубы из кислотостойкого материала. Полотно бумаги-основы в пергаментирующей ванне погружается в кислоту бумагопогружающими валиками, которые могут подниматься и опускаться. При заправке

полотна валики поднимаются из кислоты, полотно бумаги подводится сначала под валики, а затем пропускается между валами отжимного пресса. Опускаясь, валики погружают полотно в кислоту. При выходе из кислоты, заполняющей пергаментирующую ванну, полотно бумаги увлекает значительный слой кислоты. Для снятия ее перед прессом, сверху и снизу полотна, установлены шаберы. После снятия поверхностного слоя кислоты бумажное полотно пропускается между двумя валами отжимного пресса, который отжимает кислоту, впитанную толщиной бумаги в пергаментирующей ванне.

Валы пресса приводятся в движение от привода нижнего вала. Верхний вал соединен с механизмом подъема и спуска по вертикали, с его помощью регулируется удельное давление валов на бумагу при отжиме из нее кислоты. Удельное давление достигает 2 МПа.

*Кислотоулавливающие ванны* располагаются за пергаментирующей ванной последовательно, одна за другой по длине пергаментной машины. В кислотоулавливающих ваннах происходят следующие процессы. В первых трех – пяти ваннах продолжается пергаментация бумаги-основы. Затем из толщи пергаментированной набухшей бумаги серная кислота отжимается прессами, далее бумага отмывается в жидкости, заполняющей ванну. При этом увеличивается концентрация отработанной кислоты, ее плотность возрастает до  $1,40...1,42 \text{ г/см}^3$ , и кислота отбирается на регенерацию. Число кислотоулавливающих ванн на различных пергаментных машинах варьируется от 6 до 10. Плотность раствора кислоты в первой кислотоулавливающей ванне должна быть не менее  $1,35 \text{ г/см}^3$ , в последней – не более  $1,005 \text{ г/см}^3$ .

Устройство кислотоулавливающей ванны и прохождение полотна в ней аналогичны устройству пергаментирующей ванны (рис. 6.23). В первой кислотоулавливающей ванне устанавливается кислотоотводящая труба, предназначенная для отбора отработанной кислоты на регенерацию; к последней ванне подводится трубопровод подачи свежей воды в ванну.

Полотно бумаги движется по ваннам последовательно – от первой, прилегающей к пергаментирующей ванне, к последней, т. е. от ванны № 1 до ванн № 6...10.

В процессе работы пергаментной машины кислотоулавливающие ванны заполнены кислотой, которая протекает (переливается) в направлении от последней ванны к первой – в порядке уменьшения номера ванны (рис. 6.24). Переток кислоты из одной ванны в другую возможен только через переливные (переточные) трубы. Вдоль

кислотных ванн I–VI полотно бумаги и кислота движутся в противоположных направлениях, т. е. осуществляется противоточная промывка полотна растительного пергаментя.

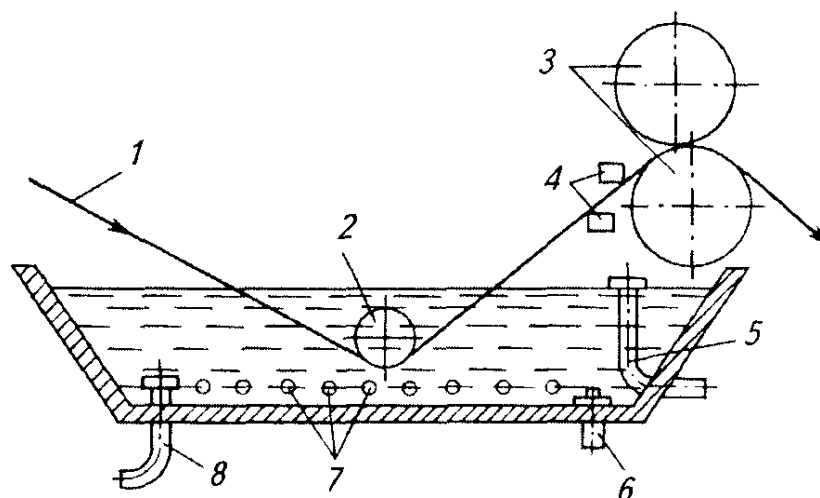


Рис. 6.23. Схема устройства кислотоулавливающей ванны:  
1 – полотно бумаги; 2 – бумагопогружающий валик; 3 – отжимной пресс;  
4 – шаберы; 5 – переточная труба; 6 – грязевый клапан;  
7 – холодильные трубы; 8 – кислотоотводящая труба

Кислотная часть пергаментной машины – пропиточная, пергаментирующая; кислотоулавливающие ванны, оснащающие их устройства наиболее сильно подвержены коррозии растворами серной кислоты различной концентрации и ее парами.

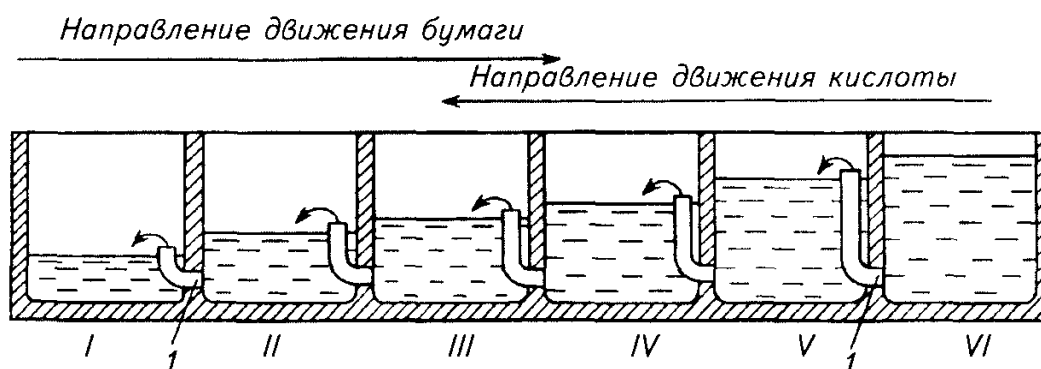


Рис. 6.24. Схема перетока кислоты в кислотоулавливающих ваннах:  
1 – перепускные трубы

Промывные устройства для отмывки кислоты из полотна пергаментированной бумаги представляют собой кусты спрысковых труб. Спрысковый куст состоит из двух станин дугообразной формы. Располагаются станины на шинах пергаментной машины: одна –

на лицевой, другая – на приводной стороне, друг против друга. Каждая из станин представляет собой сосуд определенной конфигурации, соединенный с водопроводной магистралью. В станинах имеются отверстия для вставки спрысковых труб, с помощью которых станины соединяются между собой.

Полотно проходит в промывном кусте, огибая бумаговедущие валики. Одна сторона полотна омывается водой из спрысков, размещенных на одной станине, другая – из спрысков другой станины. Погружение бумаговедущих валиков в смывную воду ванн облегчает их вращение, но при этом полотно бумаги погружается в ванну, содержащую смывную с бумаги кислоту, что ухудшает эффект отмытки кислоты. Для интенсификации процесса промывки между группами промывных кустов устанавливаются двухвальные presses, как в кислотоулавливающих ваннах.

Спрысковая вода с промываемого полотна растительного пергамента стекает в ванны, установленные под спрысковыми кустами; из ванн кислая промывная вода направляется в установки для нейтрализации. Промывка осуществляется конденсатной или фильтрованной водой температурой 20...25 °С.

*Нейтрализационная ванна* служит для обработки полотна бумаги раствором щелочи, чтобы удалить остатки кислоты в бумаге после промывки водой. Нейтрализационная ванна (часто называемая содовой) представляет собой вдвоенную ванну, в каждом отделении которой имеется по одному бумагопогружающему валику (рис. 6.25).

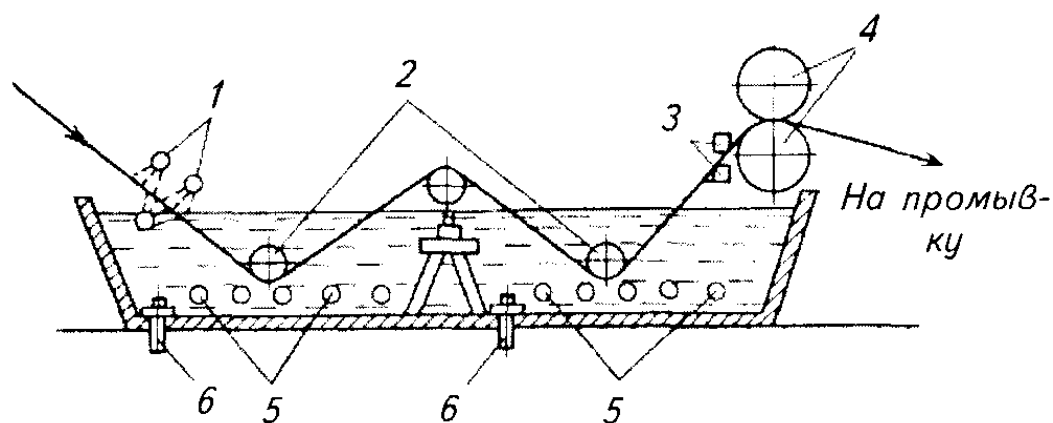


Рис. 6.25. Схема нейтрализационной ванны:

- 1 – спрысковые трубки для подачи раствора соды;
- 2 – бумагопогружающие валики; 3 – шаберы;
- 4 – двухвальный отжимной пресс; 5 – змеевик для подогрева раствора;
- 6 – грязевые клапаны

Над вторым отделением ванны установлены шаберы для снятия раствора щелочи с поверхности полотна и двухвальный отжимной пресс. Для поддержания постоянства температуры раствора нейтрализатора на дне ванны размещается подогревающий трубчатый змеевик. Поперек ванны размещены спрысковые трубки для распыления нейтрализующего раствора на обе стороны поверхности полотна бумаги по всей ее ширине. Внутренность ванны облицована щелочестойчивым термопластичным материалом, не подвергающимся коррозии.

Кислота, оставшаяся в растительном пергаменте, нейтрализуется в ванне водным раствором кальцинированной соды  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  с концентрацией 1,0...1,1 % и температурой 30...35 °С. Значение показателя рН содового раствора находится в пределах от 9 до 12.

*Промывное устройство для отмывки щелочи* водой имеет такую же конструкцию, как и описанные выше промывные устройства для отмывки кислоты из полотна пергаментированной бумаги. Если устанавливаются два промывных устройства, то в спрыски первого устройства подается механически очищенная вода, а в спрыски второго – химически очищенная вода. Температура воды 25...30 °С.

*Пластификационная ванна* (рис. 6.26) предназначена для обработки растительного пергамента (после промывки его от щелочи) химическим раствором. Чаще всего это раствор глицерина концентрацией 8...10 % при температуре 30...40 °С. Обработка проводится в целях уменьшения жесткости, ломкости, повышения гибкости, эластичности пергамента в сухом состоянии.

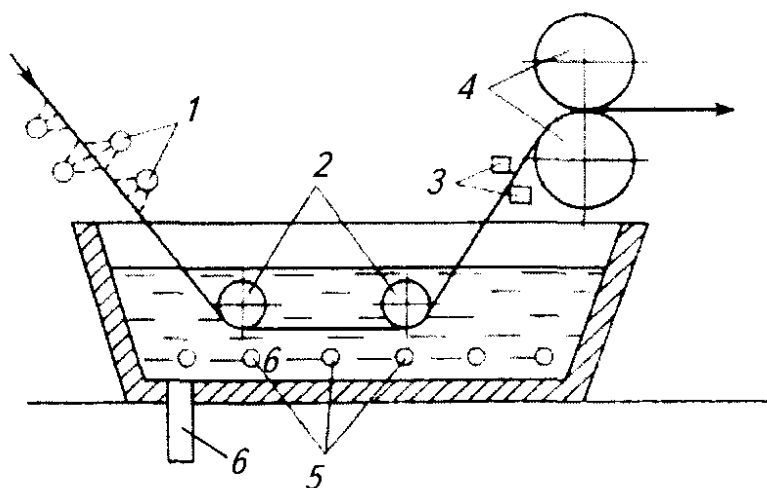


Рис. 6.26. Схема пластификационной ванны:

- 1 – паровые спрыски; 2 – бумагопогружающие валики; 3 – шаберы;  
4 – двухвальный отжимной пресс; 5 – змеевик для подогрева раствора;  
6 – грязевый клапан

В ванне установлены бумагопогружающие валики, а у конечной стенки размещен двухвальный отжимной пресс с шаберами. Перед пластификацией полотно бумаги может подогреваться, для этой цели устанавливаются паровые spryski.

*Сушильная часть пергаментной машины* аналогична сушильной части бумагоделательной машины. Для удаления влаги полотно растительного пергамента с отжимного пресса пластифицирующей ванны с содержанием 1,5...2,0 кг воды на 1 кг растительного пергамента поступает в сушильную часть машины. Сушильная часть пергаментной машины состоит из вращающихся обогреваемых изнутри паром бумагосушильных и сукносушильных цилиндров, а также холодильных цилиндров.

Бумагосушильные цилиндры размещаются в шахматном порядке в два яруса. Полотно пергаментной бумаги, огибая цилиндры, прилегает к их поверхности попеременно то одной, то другой стороной. Температура поверхности сушильных цилиндров первой группы должна составлять 50...60 °С, постепенно повышаясь до 100...105 °С и на последних цилиндрах снижаясь до 70 °С. Температура поверхности холодильных цилиндров должна составлять 15...18 °С.

Сукносушильные цилиндры располагаются сверху и снизу бумагосушильных цилиндров, устройство их такое же, как и у бумагоделательных машин. В настоящее время сушильные сукна часто заменяют синтетическими сушильными сетками.

Пергаментная машина имеет машинный каландр (иногда устанавливается полусухой машинный каландр), после которого полотно поступает на накат барабанного типа. С наката рулон растительного пергамента по ленточному транспортеру (после взвешивания на весах) поступает на продольно-резательный станок, где происходит резка растительного пергамента на заданные форматы.

После резки растительный пергамент, при необходимости, упаковывается во влагопрочную бумагу или пленку (чтобы при хранении не набиралась влага) и поступает на рулонно-упаковочную линию, где рулоны упаковываются в картон.

Для растительного пергамента определяются показатели, приведенные в табл. 6.3, 6.4.

В листовом пергаменте не допускаются складки, полосы, разрывы и деформированные кромки. В рулонном пергаменте допускаются малозаметные складки, полосы и деформированные кромки, если показатель этих внутрирулонных дефектов, определенный ГОСТ 13525.5, не превышает 2 %.

Таблица 6.3

Основные параметры, марки и размеры пергамента

Группа пергамента	Марка	Масса пергамента площадью 1 м <sup>2</sup>	Применяемость
Пищевой	А	60...68 г	Для упаковывания пищевых продуктов, автоматического и ручного фасования сливочного масла, маргариновой продукции и других пищевых жиров монолитом, для запекания
	Б	53...59 г	Для упаковывания, автоматического и ручного фасования сливочного масла, маргариновой продукции и других пищевых жиров, концентратов, творожно-сырковых, кондитерских изделий, а также других пищевых продуктов в замороженном виде
	В	47...52 г	
	О	35...75 г	В качестве прокладок при упаковывании пищевых продуктов в крупногабаритную тару, для ручного фасования пищевых продуктов, хозяйственно-бытовых нужд и других целей
Медицинский	М	53...59 г	Для упаковывания перевязочных материалов и изделий медицинской промышленности, в том числе и для стерилизации
Дуплекс	Д	38...46 г	В качестве основы для металлизирования, каширования, ламинирования, силиконизирования, а также для упаковывания пищевых продуктов, требующих влагонепроницаемой и жиронепроницаемой упаковки, для технических и других целей
Натуральный	К	50...60 г	Для выстилания изнутри металлических банок при консервировании крабов



Таблица 6.4

Нормы для растительного пергаментa

Наименование показателя	Группы и марки						
	Пищевой				Медицинский	Дуплекс	Натуральный
	А	Б	В	О	М	Д	К
<i>I</i>	2	3	4	5	6	7	8
1. Масса пергаментa площадью 1 м <sup>2</sup> , г	64±4	56±3	50	40±5 50±5 60±5 70±5	56±3	40±2 44±2	55±5
2. Разрывная длина, м, не менее: – в машинном направлении – в поперечном направлении	6000	7100	7700	3500	7700	5700	6800
	3000	4100	3800	–	4100	3500	4200
3. Относительное сопротивление продавливанию, кПа, не менее: – сухого – влажного	270 110	310 130	290 110	200 90	310 130	240 100	– –
4. Жиронепроницаемость. Число сквозных отверстий на 1 м <sup>2</sup> , не более: – размером менее 0,1 мм включительно – размером более 0,1 мм включительно	50 Не допускаются	75 Не допускаются	100 Не допускаются	–	75 Не допускаются	150 Не допускаются	50 Не допускаются
Число просвечивающих крапинок размером более 1 мм в наибольшем измерении	Не допускаются				–	Не допускаются	
5. pH холодного экстрагирования водной вытяжки	5,5...8,0						4,0...7,5
6. Массовая доля мышьяка, %, не более	0,0001						
7. Массовая доля свинца, %, не более	0,002						

Окончание табл. 6.4

1	2	3	4	5	6	7	8
8. Металлические вкрапления, шт., не более:							
– железа	10						–
– меди	0						–
9. Белизна, %, не менее	70,0	70,0	70,0	–	–	–	–
10. Массовая доля веществ, растворимых в щелочном растворе, % (в пересчете на глюкозу), не более	–	–	–	–	–	–	0,8
Влажность, %	7,0...9,0						

Составляющие вещества (материалы) в композиции пергамента должны быть разрешены для применения при контакте с пищевыми продуктами национальными органами санитарно-эпидемиологического надзора. Перечень проверяемых показателей (гигиенических характеристик) представлен в табл. 6.5.

Таблица 6.5

Перечень санитарно-химических показателей пергамента,  
проверяемых органами санитарно-эпидемиологического надзора

Наименование показателя	Норма	Нормативный документ
Модельная среда (выбор)	–	Инструкция Госсанэпиднадзора N-880-71
Интенсивность постороннего запаха, балл, не выше	1	Сан ПиН N-4105-86
Допустимое количество миграции (ДКМ) химических веществ, выделяющихся из полимерных и других материалов, контактирующих с пищевыми продуктами, мг/л, не более:		Сан ПиН N-42-123-4240-86
– мышьяка	0,05	
– свинца	0,03	
– хрома	0,10	
– цинка	1,00	
– меди	1,00	
– железа	0,30	
– формальдегида	0,10	

Окончание табл. 6.5

Наименование показателя	Норма	Нормативный документ
– этилацетата	0,10	
– спиртов:		
метилового	0,20	
пропилового	0,10	
изопропилового	0,10	
бутилового	0,50	
изобутилового	0,50	

В 1999 году на ОАО «Троицкая бумажная фабрика» был освоен выпуск нового вида пергамента непрозрачного. Этот пергамент имеет более совершенные качественные характеристики, позволяющие увеличить срок хранения и улучшить внешний вид упакованной продукции. Впервые в России стал производиться пергамент, не уступающий по качеству зарубежным аналогам. Суть технологии – наполнение пергамента непрозрачным пигментом, что обеспечивает повышение непрозрачности упаковки, белизны, защиту продуктов от ультрафиолетовых лучей, улучшение печатных свойств (табл. 6.6).

Таблица 6.6

Сравнительные показатели растительных пергаментов

Свойства	Пергамент растительный ГОСТ 1341-97 Марка В	Пергамент растительный «Троицкий» ТУ 5452-008-00278971-99 Марка Н
Физико-механические показатели	Соответствуют ГОСТ 1341-97	Соответствуют ГОСТ 1341-97
Белизна, %, не менее	70,0	76,0
Непрозрачность, %, не менее	Около 50	70,0
Печатные свойства и внешний вид	Стандартные	Высокие
Жиростойкость:		
– сквозное проникновение жира	Нет	Нет
– растекание по поверхности	Есть	Есть

Микробиологическая чистота достигается путем применения современной технологии и использованием обессоленной промывной воды. Контроль активной кислотности (рН) водной вытяжки пергамента (6,4...7,2) обеспечивает инертность упаковки.

Троицкая бумажная фабрика выпускает пергамент от 40 до 68 г/м<sup>2</sup>, 100 г/м<sup>2</sup>.

Марки А, Б, В предназначены для упаковки на автоматических линиях и вручную различных пищевых продуктов: сливочного масла, маргарина, творожных изделий, мясных полуфабрикатов, выпечки и кондитерских изделий. Пергамент марки Д используется в качестве основы для многослойной упаковки разного назначения: металлизации, каширования, ламинирования. Особый пергамент марки М предназначен для упаковки различных медицинских перевязочных материалов и других медицинских изделий.

### 6.3. Подпергамент

Подпергамент – тонкая бумага, изготовленная из целлюлозы жирного помола, обладающая ограниченной жиропроницаемостью и высокой механической прочностью; используется для упаковывания пищевых продуктов автоматического и ручного фасования.

Подпергамент обладает высокой экологичностью. Это объясняется тем, что подпергамент, изначально разработанный для хранения продуктов, не содержит в своем составе вредных веществ или пропиток, способных нанести вред здоровью. Подпергамент нетоксичен, не выделяет вредных веществ при горении и гниении. Именно поэтому подпергамент считается экологичным видом упаковки и перерабатываемым сырьем. Подпергамент на сегодняшний день производится в очень большом количестве, чтобы покрыть всевозрастающую потребность в нем.

Подпергамент можно использовать в качестве упаковки, в частности при производстве пакетов для упаковки жирных продуктов или творога. В отличие от традиционной полиэтиленовой упаковки подпергамент имеет ряд преимуществ:

1) хранение продуктов, исключая попадание в них вредных веществ. При попадании в организм человека подпергамент разлагается в желудке и не причиняет вреда;

2) возможность использования для продажи порционных блюд. Особенно это актуально для пирожных и других кондитерских изделий. Подпергамент в этом случае более предпочтителен, если продукт будет употреблен немедленно или перенесен на небольшое расстояние;

3) более гигиеничен. Жирная пища, упакованная в полиэтилен, обязательно оставит на нем жирные разводы. Упакованная в подпергамент жирная пища сохраняет эстетичный внешний вид, вкус и запах оригинального продукта. Ко всему прочему, подпергамент впитывает некоторое количество жира по истечении определенного времени и тем самым предотвращает его растекание по пакету;

4) является дышащим материалом, т.е. он обеспечивает естественную циркуляцию воздуха и его приток к пище. Это особенно важно для свежих и горячих продуктов, которые таким образом могут продолжить естественный цикл остывания. Полиэтилен справляется с этой задачей гораздо хуже, а если учесть, что он плавится при 60 °С, то использовать его для упаковки горячих продуктов и вовсе не рекомендуется;

5) возможность использования для запекания пищи или подогревания ее в микроволновой печи. Полиэтилен для таких целей не подходит, так как очень быстро плавится и делает пищу непригодной к употреблению. Свойство подпергамента не пропускать жир и влагу – важное качество при разморозке продуктов;

6) экологически чистый материал, его повторная переработка не представляет трудностей. Он может быть использован в качестве вторсырья для производства бумажных товаров народного потребления. В то же время готовый подпергамент обязательно проходит сертификацию в органах Госсанэпиднадзора на предмет наличия вредных соединений или несоблюдения технологии производства;

7) на подпергаменте можно печатать экологически безопасными красками способом флексографии. Это позволяет использовать полноцветные графические изображения на его поверхности без потери экологичности материала. Подпергамент с подобными изображениями используется различными брендами для обозначения своей продукции.

Подпергамент отличается от обычной жироталкивающей упаковочной бумаги технологией производства, которая подразумевает создание защитного покрытия на этапе формирования материала. Именно благодаря подобному свойству, подпергамент может быть использован в пищевой промышленности. Его уникальные свойства, такие, как жаропрочность, жиро- и влагонепроницаемость обусловили широкий спектр продуктов, которые упаковывают в подпергамент. Кроме всего прочего, такой вид упаковки зачастую используется для сыпучих продуктов, так как обеспечивает приток воздуха к ним на протяжении всего срока хранения.

Подпергамент предназначенный для упаковывания пищевых продуктов, выпускается в соответствии с ГОСТ 1760-86.

В зависимости от назначения и технических показателей подпергамент изготавливается нескольких марок (табл. 6.7).

Таблица 6.7

Марки подпергамента

Марка	Применяемость
ЖВ Жировлагостойкий с поверхностной обработкой	Для автоматического упаковывания сливочного масла, маргарина, жира, пищевых концентратов и другой продукции со значительным содержанием жира, а также в качестве основы для каширования алюминиевой фольгой
ПЖ Жиростойкий с поверхностной обработкой	Для автоматического упаковывания преимущественно выпекаемых кондитерских изделий и пищевых концентратов с небольшим содержанием жира, а также в качестве основы для каширования алюминиевой фольгой
П Жиростойкий без поверхностной обработки	Для упаковывания в розничной торговой сети различных пищевых продуктов с небольшим содержанием жира. Для выстилания крупногабаритной тары для пищевых продуктов

Подпергамент может изготавливаться в рулонах, бобинах и листах. Ширина рулона 500...840 мм, диаметр 500...850 мм. Предельные отклонения по ширине рулона не должны превышать  $\pm 3$  мм. Предельные отклонения по размерам листового подпергамента не должны превышать  $\pm 5$  мм.

Пример условного обозначения подпергамента марки ПЖ массой подпергамента площадью  $1 \text{ м}^2$  50 г: ПЖ 50 ГОСТ 1760-86.

Показатели качества подпергамента должны соответствовать нормам, указанным в табл.6.8.

При изготовлении подпергамента марки П из небеленой целлюлозы белизна не нормируется, бумага должна иметь цвет естественного волокна и применяться только для выстилания тары.

Подпергамент марок ЖВ и ПЖ должен изготавливаться из беленой целлюлозы из хвойной древесины, марки П – из беленой или небеленой целлюлозы из хвойной древесины.

Допускается выпускать по требованию потребителя подпергамент марки ЖВ с добавкой диоксида титана (ГОСТ 9808-84) для придания светозащитных свойств. Массовая доля золы (ГОСТ 7629-77) в подпергаменте марки ЖВ, изготовленном с добавкой диоксида титана, должна составлять не менее 1,5 %.

Таблица 6.8

Показатели качества подпергамента

Наименование показателя	Норма для марки						Способ испытания
	ЖВ		ПЖ		П		
	Высший сорт	Первый сорт	Высший сорт	Первый сорт	Высший сорт	Первый сорт	
1. Масса подпергамента площадью 1 м <sup>2</sup> , г	50,0±2,0 45,0±2,0 40,0±2,0	50,0±3,0	50,0±2,04 45,0±2,0	50,0±3,0	50,0±3,0 45,0±2,0	52,0±3,0 45,0±3,0 40,0±2,0	По ГОСТ 13199–88
2. Жиропроницаемость, с, не менее, для массы подпергамента площадью 1 м <sup>2</sup> :							По ГОСТ 13525.13–69, разд. 4
50,0 г	1800	1200	1200	900	–	–	
45,0 г	900	–	900	–	–	–	
40,0 г	600	–	–	–	–	–	
Жиропроницаемость, мг, не более, для массы подпергамента площадью 1 м <sup>2</sup> :							По ГОСТ 13525.7–68
52,0 г	–	–	–	–	–	25	
50,0	–	–	–	–	8	–	
45,0	–	–	–	–	10	28	
40,0	–	–	–	–	–	30	
3. Влажность, %, не менее	25,0	23,0	–	–	–	–	

Окончание табл. 6.8

Наименование показателя	Норма для марки						Способ испытания
	ЖВ		ПЖ		П		
	Высший сорт	Первый сорт	Высший сорт	Первый сорт	Высший сорт	Первый сорт	
4. Относительное сопротивление продавливанию, кПа (кгс/см <sup>2</sup> ), не менее, для массы подпергамента площадью 1 м <sup>2</sup> : 52,0 50,0 45,0 40,0	– 300 (3,0) 280 (2,8) 250 (2,5)	– 270 (2,7) – –	– 300 (3,0) 280 (2,8) –	– 270 (2,7) – –	– 270 (2,7) 260 (2,6) –	260 (2,6) – 250 (2,5) 240 (2,4)	По ГОСТ 13525.8–86
5. Прочность на излом при многократных перегибах (число двойных перегибов) в среднем по двум направлениям, не менее	270	230	270	220	230	180	По ГОСТ 13525.2–80
6. Сорность – число соринок на 1 м <sup>2</sup> : – площадью свыше 0,2 до 0,5 мм <sup>2</sup> включительно, не более – площадью свыше 0,5 до 1,0 мм <sup>2</sup> включительно, не более – площадью свыше 1,0 мм <sup>2</sup> включительно, не более	50 0 Не допускается	60 0 Не допускается	50 0 Не допускается	60 5 Не допускается	50 0 Не допускается	60 5 Не допускается	По ГОСТ 13525.4–68
7. Белизна, %, не менее	75	70	75	70	70	65	По ГОСТ 7690–76
8. Влажность, %	8±1	8±1	8±1	8±1	8±1	8±1	По ГОСТ 13525.19–91, разд. 3



В композиции подпергамента не допускается использование составляющих, не разрешенных органами здравоохранения для контактов с пищевыми продуктами.

Подпергамент должен иметь машинную гладкость и равномерный просвет. Не допускаются складки, полосы, волнистость, дырчатость, разрывы кромки. Малоаметные складки, полосы, волнистость и дырчатость, которые не могут быть обнаружены в процессе перемотки, допускаются, если показатель этих дефектов не превышает 2 % (ГОСТ 13525.5-68). Рулоны и бобины подпергамента по всей ширине должны иметь равномерную плотную намотку. Торцы рулона должны быть ровными. Подпергамент не должен иметь запаха. Подпергамент переводят во 2-й сорт при снижении показателя белизны для марок ЖВ и ПЖ до 56 %, для марки П – до 53 %.

**Особенности технологии подпергамента.** Для производства подпергамента необходима целлюлоза, обладающая хорошей способностью к гидратации и фибрилляции при размоле, т. е. пригодная для физико-механической пергаментации в процессе размола.

Способность целлюлозы к пергаментации при размоле оценивается *коэффициентом пергаментации*, представляющим собой произведение степени помола, при которой достигается высокая жиронепроницаемость бумаги, на продолжительность размола до этой степени помола в минутах. Принято называть порогом пергаментации коэффициент пергаментации при жиронепроницаемости по трансформаторному маслу 0...5 мг (ГОСТ 13525.13-69). Чем меньше порог пергаментации целлюлозы, тем больше она подходит для производства подпергамента.

Способность волокон целлюлозы к фибриллированию возрастает с увеличением содержания низкомолекулярных фракций со степенью полимеризации менее 200, в состав которых входят природные гемицеллюлозы (пентозаны, гексозаны и полиурониды), а также деструктурированная целлюлоза. Обладая большой гидрофильностью, высокой способностью к набуханию и малой длиной молекулярных цепей, эти фракции пластифицируют волокна целлюлозы, облегчают фибриллирование волокон при размоле и способствуют гидратации, создавая этим благоприятные условия для формирования малопористой, плотной структуры листа. Имеют значение не только общее содержание низкомолекулярных фракций, но также их химический состав и степень полимеризации.

Существует зависимость между условиями получения целлюлозы и способностью ее к пергаментации при размоле. Подпергамент

более высокого качества получается из целлюлозы, сваренной по низкотемпературному режиму варки (максимальная температура варки 122...125 °С) при повышенном содержании в варочном растворе связанного  $\text{SO}_2$  (1,20...1,25 %).

Основным волокнистым сырьем для подпергамента служит сульфитная беленая, полубеленая и небеленая целлюлоза из еловой древесины. Возможно также применение бисульфитной целлюлозы из хвойной древесины, отличительной особенностью которой является повышенное содержание гемицеллюлоз и, как следствие, легкость размола. Целлюлоза должна обладать высокой способностью к гидратации и фибрилляции при размолу, поэтому целесообразно использовать целлюлозу, не подвергнутую сушке.

Способность сульфитной целлюлозы к жирному размолу определяется комплексом факторов: химическим, фракционным составом и морфологическим строением волокна.

Размол целлюлозы происходит в аппаратах гидратирующего действия по непрерывной схеме до высоких степеней помола. На каждом предприятии в зависимости от требований к подпергаменту и характеристик исходного сырья применяется своя схема размола бумажной массы. В настоящее время для подготовки бумажной массы в производстве подпергамента все чаще стали использоваться дисковые мельницы, обладающие рядом преимуществ по сравнению с коническими. Дисковые мельницы могут работать при высоких концентрациях массы (от 6 до 30 %), оказывают высокое гидратирующее и фибриллирующее воздействие на волокно без значительного укорочения его. Удельный расход энергии в дисковых мельницах на 15...25 % ниже, чем в конических.

Подготовку бумажной массы можно проводить по непрерывной схеме в две ступени. На 1-й ступени размола устанавливаются сдвоенные дисковые мельницы, обладающие большой размалывающей способностью и обеспечивающие требуемую степень разработки и гидратации волокна. На 2-й ступени используются конические мельницы с литой гарнитурой.

Для предотвращения смоляных затруднений перед размолу в приемный бассейн непрерывно подается тальк из расчета 1...3 % от а.с. волокна, а в машинный бассейн – раствор глинозема в количестве 3...6 %. Тальк адсорбирует частицы смол и препятствует их слипанию. Это свойство талька используется для устранения смоляных затруднений при производстве некоторых видов бумаги, в том числе и подпергамента. На степень белизны талька влияет его

гранулометрический состав, который достигается соответствующим размолотом и последующей классификацией. Обычно применяется тальк марки А с белизной не менее 80 %.

В некоторых случаях (в соответствии с пожеланиями потребителей) для повышения устойчивости подпергамента при упаковке продуктов повышенной влажности, а также для улучшения склеивания из него пакетов водорастворимыми клеями его проклеивают канифольным клеем.

После размолта масса со степенью помола 75...80 °ШР поступает в бассейн размолотой массы и затем – на домалывающую коническую мельницу с литой гарнитурой.

Очистка массы высокой степени помола может проводиться в две или три ступени на центриклинерах с деаэрацией в декулаторах или комбинированных установках – декулаторах-клинерах и далее в узлоловителях закрытого типа – селективфайерах. Удаление воздуха из массы необходимо для предотвращения пенообразования в напорном ящике и на сетке бумагоделательной машины, улучшения условий формования и обезвоживания бумажного полотна. После очистки масса концентрацией 0,35...0,45 % поступает на бумагоделательную машину.

Подпергамент вырабатывается на длинносеточных машинах, рассчитанных на выпуск бумаги высокой степени помола. Современные машины для выработки подпергамента работают на скорости 200...500 м/мин. Машины оборудованы напорным ящиком, имеющим напорное устройство с воздушной подушкой, тремя распределительными валиками и коническим выпускным коллектором.

Сеточный стол машины имеет длину 19000 мм, ширину 4800 мм и оборудован трехсекционной формующей доской, 25...28 гидрорамками, обеспечивающими плавное обезвоживание, особенно в начальной зоне сеточного стола, что способствует максимальному удержанию мелочи и благоприятствует получению подпергамента плотной сомкнутой структуры. Машина снабжена 10...14 отсасывающими ящиками, вакуум в которых повышается постепенно, и отсасывающим гауч-валом.

Сушильная часть машины состоит из 4...5 прессов, из которых первые два – отсасывающие, причем первый пресс иногда имеет сдвоенное сукно. Для повышения сухости бумажного полотна в прессовой части устанавливают пресс Venta-Nip и пресс высокой интенсивности Hi-I-Nip с использованием иглопробивных сукон. Эти сукна обладают повышенной прочностью (масса 1 м<sup>2</sup> их около 1200 г),

хорошей пропускной способностью и не вызывают маркировки. Содержание синтетических волокон в таких сукнах достигает 75 %. Особенность конструкции пресса Venta-Nip заключается в том, что на нижнем валу с твердой резиновой облицовкой нанесены спиральные канавки. Вода, отжимаемая прессом, попадает в канавки и удаляется из них под воздействием центробежной силы, а также с помощью шабера. Пресс Venta-Nip устанавливается в положении второго, третьего и иногда четвертого пресса.

Пресс высокой интенсивности Hi-I-Nip имеет небольшой стальной желобчатый валик, расположенный между двумя прессовыми валами, из которых верхний вал гранитный или стонитовый, а нижний облицован резиной твердостью 20...30 пунктов по Пуссей-Джонсу. Желобки служат для удаления отжимаемой из полотна воды. Эффективность действия этого пресса основана на интенсификации отвода отжатой воды и уменьшении зоны прессования благодаря малому диаметру желобчатого валика, в связи с чем в прессе возрастает удельное давление на бумажное полотно.

Пресс высокой интенсивности устанавливается в положении третьего пресса. Использование такого пресса при выработке подпергамента на машине шириной 4800 мм позволяет повысить сухость бумажного полотна с 27 до 31 % при линейном давлении 4,0...4,5 МПа. Это способствует увеличению производительности машины в целом на 15 % при экономии пара около 13 %.

Сушильная часть состоит из 40...60 сушильных цилиндров. После первой трети сушильных цилиндров иногда дополнительно устанавливается двухвальный полусухой каландр.

Полусухой каландр предшествует клеильному прессу и устанавливается для дополнительного уплотнения и сглаживания поверхности бумажного полотна. Благодаря этому уменьшается расход проклеивающих веществ и изменяется характер нанесения покрытия при последующей поверхностной обработке бумажного полотна на клеильном прессе. Проклеивающее вещество в этом случае в меньшей степени впитывается в толщу листа и в большей степени остается на поверхности бумаги, что способствует образованию тонкой ровной пленки. Сухость полотна бумаги при пропуске через полусухой каландр составляет 55...65 %.

Для повышения жиростойкости подпергамента путем обработки растворами различных веществ после второй трети сушильных цилиндров устанавливается клеильный пресс – горизонтальный или

наклонный. Для поверхностной обработки подпергамента применяются следующие вещества:

- растворы окисленного или модифицированного крахмала 5...10 %-ной концентрации, вязкостью от 100 до 600 МПа·с;
- растворы альгината Na 2 %-ной концентрации; могут использоваться также совместно с раствором крахмала и Na-КМЦ;
- растворы натриевой соли карбоксиметилцеллюлозы (Na-КМЦ) 2 %-ной концентрации;
- очищенный продукт с содержанием КМЦ около 98 %, степенью замещения 0,6...0,7 и вязкостью 2 %-го раствора от 200 до 500 МПа·с.

Масса сухого вещества 1 м<sup>2</sup> подпергамента при обработке на клеильном прессе перечисленными веществами повышается на 0,5...2,0 г. Температура поверхности сушильных цилиндров повышается от 40 до 105 °С (до температуры клеильного пресса). Температура сушильных цилиндров, расположенных после клеильного пресса, не превышает 60 °С, затем постепенно повышается до 100...105 °С и снова понижается перед накатом. Первый сушильный цилиндр после клеильного пресса должен быть хромированным во избежание прилипания бумажного полотна.

Охлаждается бумага на холодильных цилиндрах или на каландре. Машины оборудованы 5-...6-вальными каландрами с регулируемой бомбировкой нижнего вала и охлаждающим шабером. Между каландром и накатом расположены электронные приборы для определения массы 1 м<sup>2</sup> и влажности.

Удельные нормы расхода на производство 1 т подпергамента составляют: целлюлозы – 1025 кг, талька – 6 кг, сернокислого глинозема – 15 кг, электроэнергии – 1400 кВт·ч, пара – 5 Гкал.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Розен Б. Я. Чудесный мир бумаги / Б. Я. Розен; Под ред. Ю. Н. Непенина. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Лесн. пром-сть, 1986. – 127 с.
2. Азаров В. И., Буров А. В., Оболенская А. В. Химия древесины и синтетических полимеров : учебник. – 2-е изд., испр. – СПб. : Лань, 2010. – 624 с.
3. Германиес Э. Справочная книга технолога-полиграфиста / Э. Германиес ; пер. с нем. С. И. Френкель, А. Г. Эмдина. – М. : Книга, 1982. – 336 с.
4. Упаковка на основе бумаги и картона / под ред. Марка Дж. Кирван ; пер. с англ. В. Ашкинази ; науч. ред. Э. Л. Аким, Л. Г. Махотина. – СПб. : Профессия, 2008. – 488 с.
5. Шредер В. Л. Упаковка из картона / В. Л. Шредер, С. Ф. Пилипенко. – Киев : ИАЦ «Упаковка», 2004. – 557 с.
6. Бумагоделательные машины / под ред. В. С. Курова и Н. Н. Кокушина. – СПб. : Политехнический университет, 2005. – 588 с.
7. Бобров В. И. Технология и оборудование отделочных процессов : учеб. пособие / В. И. Бобров, Л. Ю. Сенаторов. – М. : МГУП, 2008. – 434 с.
8. Непенин Ю. Н. Технология целлюлозы. Т. 2. Производство сульфатной целлюлозы / Ю. Н. Непенин. – М. : Лесная промышленность, 1990. – 600 с.
9. Непенин Ю. Н. Технология целлюлозы. Т. 3. Очистка, сушка и отбелка целлюлозы / Ю. Н. Непенин. – М. : Лесная промышленность, 1994. – 592 с.
10. Непенин Ю. Н. Технология целлюлозы. Т. 1. Производство сульфитной целлюлозы / Ю. Н. Непенин. – М. : Лесная промышленность, 1976. – 624 с.
11. Технология целлюлозно-бумажного производства. В 3 т. Т. I. Сырье и производство полуфабрикатов. Ч. 3. Производство полуфабрикатов. – СПб. : Политехника, 2004. – 316 с.
12. Технология целлюлозно-бумажного производства. В 3 т. Т. I. Сырье и производство полуфабрикатов. Ч. 1. Сырье и производство полуфабрикатов. – СПб. : ЛТА, 2002. – 432 с.
13. Ковернинский И. Н. Комплексная химическая переработка древесины : учебник для вузов / И. Н. Ковернинский, В. И. Комаров,

С. И. Третьяков, Н. И. Богданович, О. М. Соколов, Н. А. Кутакова, Л. И. Селянина, Е. В. Дьякова ; под ред. проф. И. Н. Ковернинского. – 3-е изд., испр. и доп. – Архангельск : Архангельский гос. техн. ун-т, 2006. – 374 с.

14. Дьякова Е. В. Переработка макулатуры : учеб. пособие / Е. В. Дьякова, Д. А. Дулькин, В. И. Комаров. – Архангельск : Архангельский гос. техн. ун-т, 2009. – 172 с.

15. Кононов Г. Н. Химия древесины и ее основных компонентов : учеб. пособие для студентов специальностей 260200, 260300. 2-е изд., испр. и доп. – М. : МГУЛ, 2002. – 259 с.

16. Технология целлюлозно-бумажного производства. В 3 т. Т. I. Сырье и производство полуфабрикатов. Ч. 2. Производство полуфабрикатов. – СПб. : Политехника, 2003. – 633 с.

17. Пен Р. З. Технология целлюлозы : учеб. пособие для вузов. Т. 2. Сульфитные способы получения, очистка, отбелка, сушка целлюлозы. – Красноярск : СибГТУ, 2002. – 358 с.

18. Пен Р. З. Технология целлюлозы : учеб. пособие для вузов / Р. З. Пен. Т. 1. Подготовка древесины. Производство сульфатной целлюлозы. – Красноярск : СибГТУ, 2002. – 340 с.

19. Хакимова Ф. Х. Современное производство древесной массы : конспект лекций / Ф. Х. Хакимова. – Пермь : Перм. гос. техн. ун-т. 1993. – 122 с.

20. Дьякова Е. В. Технология механической массы : учеб. пособие для вузов / Е. В. Дьякова, В. И. Комаров. – Архангельск : АГТУ, 2006. – 203 с.

21. Технология целлюлозно-бумажного производства. В 3 т. Т. II. Производство бумаги и картона. Ч. 1. Технология производства и обработки бумаги и картона. – СПб. : Политехника, 2005. – 423 с.

22. Иванов С. Н. Технология бумаги : учеб. пособие для вузов / С. Н. Иванов. – 3-е изд., перераб. – М. : Школа бумаги, 2006. – 646 с.

23. Фляте Д. М. Технология бумаги / Д. М. Фляте. – М. : Лесная пром-сть, 1988. – 440 с.

24. Теория и конструирование машин и оборудования отрасли. Бумаго- и картоноделательные машины : учеб. пособие ; под ред. В. С. Курова и Н. Н. Кокушина. – СПб. : Политехнический университет, 2006. – 588 с.

25. Аким Э. Л. Обработка бумаги. – М. : Лесная пром-сть, 1979. – 232 с.

26. Пузырев С. А. Технология обработки и переработки бумаги и картона / С. А. Пузырев, Т. С. Буров, С. П. Кречетова. – М. : Лесн. пром-сть, 1979.

27. Технология целлюлозно-бумажного производства. В 3 т. Т. II. Производство бумаги и картона. Ч. 2. Основные виды и свойства бумаги, картона, фибры и древесных плит. – СПб. : Политехника, 2006. – 499 с.
28. Лапинский В. И. Картоноделательные машины / В. И. Лапинский ; пер. с пол. под ред. Г. А. Тольского. – М. : Лесная пром-сть, 1966. – 304 с.
29. Махотина Л. Г. Технология тароупаковочных видов бумаги и картона : учеб. пособие / Л. Г. Махотина, Э. Л. Аким. – СПб. : ГОУВПО СПб РТУ РП, 2004. – 112 с.
30. Иванов Г. А. Общая технология изделий из бумаги и картона / Г. А. Иванов. – М. : Экология, 1993. – С. 91–104.
31. Лоуренс А. Вилсон. Что полиграфист должен знать о бумаге / Лоуренс А. Вилсон ; [пер. с англ.] Е. Д. Климова. – М. : ПРИНТ-МЕДИА центр, 2005. – 376 с.
32. Аким Э. Л. Синтетические полимеры в бумажной промышленности. – М. : Лесная пром-сть, 1986. – 248 с.
33. Еркова Л. Н. Латексы / Л. Н. Еркова, О. С. Чечик. – Л. : Химия, 1983. – 224.
34. Сокольников Ю. Упаковка. Все об упаковке / Ю. Сокольников. – Изд. «ТИГРА», 2001. – 156 с.
35. Процессы и технологическое оборудование производства гофротары. Материалы для гофроящиков. Гофроделательные агрегаты : учеб. пособие / А. В. Вураско, В. П. Сиваков ; Урал. гос. лесотехн. ун-т. – Электрон. текстовые дан. (12.6 Мб). – Екатеринбург : УГЛТУ, 2016. – 1 эл. опт. диск (CD-ROM).
36. Смолин А. С. Технология гофрокартона : учеб. пособие / А. С. Смолин, В. К. Дубовый, В. И. Комаров [и др.] ; рецензент А. В. Вураско. – Изд. 2-е, испр. и доп. – СПб : Издательско-полиграфическая ассоциация высших учебных заведений, 2019. – 412 с. – Библиогр. : с. 404.



## Литература для справок

1. Беркман Е. М. Словарь целлюлозно-бумажного производства / Е. М. Беркман, С. М. Вишневский, Л. О. Иоффе. – М. : Лесн. пром-сть, 1969. – 300 с.
2. Общероссийский классификатор продукции. ОК 005-93. Т. 2. Дата введения 1994-07-01. – М. : Изд-во стандартов, 1994. – С. 33–2.
3. Петров К. Е. Справочник по полиграфии / К. Е. Петров. – М. : «КРОУ». 1997–1998. – 352 с.
4. Энциклопедия полимеров / Ред. коллегия : В. А. Каргин, М. С. Акутин, Е. В. Вонский, В. Ф. Евстратов [и др.]. – Т. 1–3. – М. : Сов. энциклопедия, 1972. – Т. 1–3.
5. ISO/CD 4046-4 Paper, board, pulp and related-terms – Vocabulare-paper and board grades and converted produc/ISO/TC6 Paper, board and pulps Secretariat : CANADA (SCC) 1998-04.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение .....	3
1. История бумаги, картона и упаковки .....	5
1.1. Рождение бумаги и картона .....	5
1.2. Применение бумаги и картона для упаковки .....	17
2. Технологии производства бумаги и картона .....	23
2.1. Волокнистые полуфабрикаты, применяемые для производства бумаги и картона .....	23
2.1.1. Виды растительного сырья .....	23
2.1.2. Сырье для волокнистых полуфабрикатов .....	26
2.1.3. Подготовка растительного сырья к переработке .....	28
2.1.4. Получение волокнистых полуфабрикатов .....	31
2.1.5. Получение технической целлюлозы .....	32
2.1.6. Получение механической (древесной) массы .....	39
2.1.7. Отбелка и облагораживание волокнистых полуфабрикатов .....	48
2.2. Технология изготовления бумаги .....	51
2.2.1. Типовая технологическая схема .....	51
2.2.2. Подготовка и размол бумажной массы .....	53
2.2.3. Наполнение бумажной массы .....	57
2.2.4. Проклейка бумаги .....	60
2.2.5. Крашение бумаги .....	61
2.2.6. Разбавление и очистка бумажной массы .....	64
2.2.7. Формование бумаги .....	72
2.2.8. Прессование бумажного полотна .....	87
2.2.9. Сушка бумажного полотна .....	89
2.2.10. Отделка бумажного полотна .....	92
2.3. Технологии изготовления картона .....	98
2.3.1. Изготовление многослойного листового картона на папочной машине .....	98
2.3.2. Изготовление многослойного ролевого картона .....	99
2.4. Классификация бумаго- и картоноделательных машин .....	101
2.5. Контроль производства бумаги и картона .....	104
3. Виды бумаги и картона .....	108
3.1. Классификация бумаги .....	108
3.2. Классификация картона .....	119
4. Свойства и испытания упаковочных бумаги и картона .....	124
4.1. Печатные и структурно-механические свойства .....	124
4.1.1. Оптические свойства .....	125

4.1.2. Структурные характеристики .....	129
4.1.3. Механические свойства .....	131
4.1.4. Сорбционные свойства .....	137
4.1.5. Деформационные свойства .....	138
4.1.6. Показатели однородности и чистоты поверхности .....	140
4.2. Эксплуатационные свойства .....	142
4.2.1. Пригодность к печати и дополнительной обработке ..	143
4.2.2. Впитывание печатной краски .....	144
4.2.3. Значение pH поверхности .....	145
4.2.4. Сопротивление трению .....	145
4.2.5. Стойкость к истиранию .....	146
4.2.6. Чистота поверхности .....	147
4.2.7. Влажность .....	147
4.2.8. Сопротивление продавливанию .....	150
4.2.9. Сопротивление сжатию .....	150
4.2.10. Способность к перегибу и сгибаемость .....	151
4.2.11. Прочность на расслаивание и межволоконные силы связи.....	153
4.2.12. Воздухопроницаемость .....	154
4.2.13. Клеящая способность и адгезия к поверхности .....	155
4.2.14. Нейтральные вкус и аромат .....	156
4.2.15. Безопасность .....	156
4.3. Спецификации и стандарты качества .....	157
4.4. Единицы измерения структурно-размерных свойств .....	158
5. Обработка бумаги и картона .....	159
5.1. Основные понятия и классификации .....	159
5.2. Механическая технология обработки бумаги и картона .....	161
5.3. Полимеры, применяемые при обработке бумаги и картона ..	169
5.3.1. Общие сведения .....	169
5.3.2. Водорастворимые полимеры .....	170
5.3.3. Латексы .....	174
5.3.4. Дисперсии полимеров для поверхностной проклейки бумаги и картона .....	176
5.3.5. Кремнийорганические полимеры .....	177
5.3.6. Термопластичные полимеры .....	178
5.4. Способы и устройства, применяемые для обработки бумаги и картона .....	181
5.4.1. Основные процессы, протекающие в узле обработки	181
5.4.2. Клеильный пресс .....	184
5.4.3. Пленочный клеильный пресс .....	185

5.4.4. Нанесение покрытий с помощью валиков .....	186
5.4.5. Нанесение покрытий с помощью шаберов .....	189
5.4.6. Нанесение покрытий способом каширования .....	194
5.4.7. Нанесение покрытий способом экструзии .....	196
5.4.8. Нанесение покрытий с помощью фильеры .....	199
5.4.9. Нанесение покрытий с использованием заранее полученной пленки (ламинирование) .....	200
5.4.10. Пропитка .....	203
5.4.11. Металлизация бумаги .....	205
5.4.12. Нанесение порошков и ворса .....	208
5.5. Бумага и картон с полимерным покрытием.....	211
5.5.1. Покрытие на основе термопластичных полимеров .....	211
5.5.2. Соэкструдированное покрытие из термопластичных полимеров .....	214
5.5.3. Покрытие на основе латексов и дисперсий .....	214
5.5.4. Парафинированная бумага .....	215
5.5.5. Силиконизированная бумага .....	218
5.5.6. Многослойные упаковочные целлюлозные композиционные материалы (ламинаты) .....	220
6. Переработка бумаги и картона .....	222
6.1. Картон гофрированный .....	222
6.1.1. Основные виды, свойства и назначение .....	222
6.1.2. Особенности технологии .....	225
6.1.3. Классификация тары .....	231
6.1.4. Переработка на тару и упаковочные изделия .....	235
6.1.5. Свойства и показатели качества гофрокартона .....	237
6.2. Производство пергамента .....	242
6.3. Подпергамент .....	259
Список использованной литературы .....	269
Литература для справок .....	272

Учебное издание

*Вураско Алеся Валерьевна*  
*Агеев Максим Аркадьевич*  
*Агеев Аркадий Яковлевич*

ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ,  
ОБРАБОТКИ И ПЕРЕРАБОТКИ  
БУМАГИ И КАРТОНА

ISBN 978-5-94984-793-0



Редактор А. Л. Ленская  
Оператор компьютерной верстки Т. В. Упова

Подписано в печать 26.08.2021  
Формат 60х84/16  
Уч.-изд. л. 18,00      Усл. печ. л. 16,27  
Тираж 300 экз. (1-й завод 35 экз.)  
Заказ № 7191

ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет»  
620100, г. Екатеринбург, Сибирский тракт, 37  
Редакционно-издательский отдел. Тел. 8 (343) 221-21-44

Типография ООО «ИЗДАТЕЛЬСТВО УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ ЦЕНТР УПИ»  
620062, РФ, Свердловская область, Екатеринбург, ул. Гагарина, 35а, оф. 2  
Тел. 8 (343) 362-91-16